

【書類名】 特許願

【整理番号】 71319

【提出日】 平成10年11月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/045

【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置

【請求項の数】 55

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 島田 勝人

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 酒井 真理

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 矢崎 士郎

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代表者】 安川 英昭

【代理人】

【識別番号】 100101236

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗原 浩之

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成 9年特許願第323010号

【出願日】 平成 9年11月25日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第 96406号

【出願日】 平成10年 4月 8日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第140684号

【出願日】 平成10年 5月22日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第159354号

【出願日】 平成10年 6月 8日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第207004号

【出願日】 平成10年 7月22日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 042309

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9806571

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ノズル開口に連通する圧力発生室が画成される流路形成基板と、該流路形成基板の一方面に振動板を介して設けられ且つ少なくとも下電極、圧電体層及び上電極を有する圧電素子とを具備するインクジェット式記録ヘッドにおいて、

前記圧電体層と共に積層される少なくとも一層が圧縮応力を有する圧縮膜であり、当該圧縮膜は、前記圧力発生室に対向する領域の少なくとも一部で厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記圧縮膜は、前記圧力発生室に対向する領域で且つ前記圧電体層以外の領域でその厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、前記圧縮膜は、前記圧電素子の幅方向両側で前記圧力発生室の縁部に沿った部分のみで厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 4】 請求項 1～3 の何れかにおいて、前記圧縮膜が、前記下電極と前記圧電体層との間に設けられて前記下電極とは実質的に異なる材質からなる導電性膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 5】 請求項 4 において、前記導電性膜が、金属酸化膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 6】 請求項 4 において、前記導電性膜が、前記圧電体層に含まれる鉛の拡散を防止する材質から構成される膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 7】 請求項 4 において、前記導電性膜が、イリジウム、酸化イリジウム、酸化レニウム及び酸化ルテニウムからなる群から選択される材質からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 8】 請求項 4 において、前記導電性膜は、前記下電極上に形成さ

れる第1の導電性膜と、この第1の導電性膜上に形成された第2の導電性膜とを含み、少なくとも前記第1の導電性膜が前記下電極とは異なる材質からなる膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項9】 請求項8において、前記第2の導電性膜が、白金、イリジウムのうち何れか1つを主成分とする膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項10】 請求項8又は9において、前記第1の導電性膜が、金属酸化膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項11】 請求項8～10の何れかにおいて、前記第1の導電性膜が前記圧電体層に含まれる鉛の拡散を防止する材質から構成される膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項12】 請求項8～11の何れかにおいて、前記第1の導電性の膜が酸化イリジウム、酸化レニウム、酸化ルテニウムのうち何れか1つを主成分とすることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項13】 請求項1～12の何れかにおいて、前記圧縮膜が、前記振動板の少なくとも一部を構成する弾性膜の少なくとも一部を構成することを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項14】 請求項13において、前記弾性膜を構成する圧縮膜の少なくとも残留部分が多結晶体からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項15】 請求項13又は14において、前記弾性膜が、前記圧縮膜のみからなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項16】 請求項13又は14において、前記弾性膜が、複数層の膜からなり、その少なくとも最上層が前記圧縮膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項17】 請求項13～16の何れかにおいて、前記弾性膜を構成する前記圧縮膜が、金属酸化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項18】 請求項17において、前記圧縮膜が酸化ジルコニウム又は

酸化ハフニウムからなり、当該圧縮膜の結晶構造が単斜晶系であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 19】 請求項 16～18 の何れかにおいて、前記圧縮膜の下層は、当該圧縮膜とはエッチング特性が異なって選択的にエッチングされない材料からなる層であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 20】 請求項 18 において、前記圧縮膜の下層の選択的にエッチングされない膜が、金属、安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウム及び安定化もしくは部分安定化酸化ハフニウムからなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 21】 請求項 13～20 の何れかにおいて、前記下電極が、引張応力を有する膜からなり、当該下電極の厚さが、少なくとも一部が除去された部分の前記圧縮膜の厚さより薄いことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 22】 請求項 16～21 の何れかにおいて、前記弾性膜は、前記前記圧力発生室側に、二酸化シリコン膜又はボロンドープシリコン膜を含むことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 23】 請求項 1～22 の何れかにおいて、前記下電極が前記圧縮膜からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 24】 請求項 23 において、前記下電極が金属材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 25】 請求項 23 において、前記下電極が、金属酸化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 26】 請求項 23 において、前記下電極が金属窒化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 27】 請求項 23～26 の何れかにおいて、前記圧電体層の幅方向両側の前記下電極が完全に除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 28】 請求項 1～27 の何れかにおいて、前記上電極は、前記圧縮膜で構成され、且つ前記圧電体層と共にパターンニングされていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 29】 請求項 28 において、前記圧縮膜からなる前記上電極は、少なくとも前記圧電素子をパターニング後に圧縮応力を有することを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 30】 請求項 29 において、前記上電極の主成分が、金属材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 31】 請求項 30 において、前記圧縮膜からなる前記上電極は、スパッタ法で形成され、且つ前記金属材料中に所定のガスが添加されることにより圧縮応力となっていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 32】 請求項 31 において、前記ガスは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン及びラドンの群から選択される不活性ガスであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 33】 請求項 30 において、前記圧縮膜からなる前記上電極は、前記金属材料に、異なる成分の金属、半金属、半導体及び絶縁体からなる群から選択される少なくとも一種の添加物が添加されることにより圧縮応力となっていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 34】 請求項 33 において、前記添加物が、イオン打ち込みにより前記上電極に添加されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 35】 請求項 33 において、前記添加物が、前記上電極上に設けられた層からの固相拡散により前記上電極に添加されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 36】 請求項 35 において、前記固相拡散は、不活性ガス又は真空下で加熱することにより行われることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 37】 請求項 28 又は 29 において、前記上電極は、前記圧電体層の表面に形成される第 1 の電極と、この第 1 の電極上に積層される第 2 の電極とを有し、当該第 2 の電極は、金属酸化物又は金属窒化物からなる膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 38】 請求項 37 において、前記第 1 の電極の主成分が、金属材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 39】 請求項 24～38 の何れかにおいて、前記金属材料は、白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム及びレニウム並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 40】 請求項 17～39 の何れかにおいて、前記金属酸化物が、酸化ルテニウム、酸化インジウム錫、酸化カドミウムインジウム、酸化錫、酸化マンガン、酸化レニウム、酸化イリジウム、酸化ストロンチウムルテニウム、酸化インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及び酸化モリブデン、並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 41】 請求項 26～39 の何れかにおいて、前記金属窒化物が、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化ジルコニウム、窒化タングステン、窒化ハフニウム、窒化モリブデン、窒化タンタル、窒化クロム及び窒化バナジウム、並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 42】 請求項 40 又は 41 において、前記金属酸化物及び前記金属窒化物で形成される層は、成膜後に酸化又は窒化することにより形成されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 43】 請求項 1～42 の何れかにおいて、前記振動板の少なくとも一部を構成する前記弾性膜は、前記圧力発生室に対向する領域で且つ前記圧電体層以外の領域でその厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 44】 請求項 43 において、前記弾性膜は、前記圧電素子の幅方向両側で前記圧力発生室の縁部に沿った部分のみで厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 45】 請求項 43 又は 44 において、前記圧電素子は、前記弾性膜上に当該弾性膜の少なくとも一部が除去された部分まで亘るように形成されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 46】 請求項 45 において、前記圧電素子を構成する前記圧電体層の厚さが、略一様であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 47】 請求項 45 において、前記圧電素子を構成する前記圧電体層の前記弾性膜の一部が除去された部分まで延設された端部の厚さが、他の部分より厚いことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 48】 請求項 43～47 の何れかにおいて、前記圧電体層の少なくとも一部は、前記圧力発生室に対向する領域に亘って形成され、前記圧電素子は、前記上電極のみ又は前記上電極及び前記圧電体層の厚さ方向の一部をパターンニングすることにより形成されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 49】 請求項 43～48 の何れかにおいて、前記下電極は、前記圧電素子に対向する領域とそれ以外の領域とで一様に設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 50】 請求項 1～49 の何れかにおいて、前記振動板が、前記圧力発生室から外側に向かって凸に変形していることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 51】 請求項 1～50 の何れかにおいて、前記圧電素子に駆動力が負荷される際の前記圧電体層の応力が、前記圧電体層の成膜時の応力と同等か又は引張り方向に大きいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 52】 請求項 51 において、前記圧力発生室に対向する領域の前記圧電素子が、前記圧力発生室を形成したときに前記圧電体層側に凸に撓んでいることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 53】 請求項 51 又は 52 において、前記振動板の膜張力は、前記圧力発生室に対向する領域内の前記圧電素子に対向する部分の膜張力が、当該圧電素子に対向する領域以外の膜張力よりも、相対的に圧縮側に小さいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 54】 請求項 1～53 の何れかにおいて、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とするインクジェッ

ト式記録ヘッド。

【請求項 55】 請求項 1～54 の何れかのインクジェット式記録ヘッドを具備することを特徴とするインクジェット式記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板の表面に圧電素子を形成して、圧電素子の変位によりインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドには、圧電素子が軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電アクチュエータを使用したものと、たわみ振動モードの圧電素子を使用したものの2種類が実用化されている。

【0003】

前者は圧電素子の端面を振動板に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電素子をノズル開口の配列ピッチに一致させて櫛歯状に切り分けるという困難な工程や、切り分けられた圧電素子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

【0004】

これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で振動板に圧電素子を作り付けることができるものの、たわみ振動を利用する関係上、ある程度の面積が必要となり、高密度配列が困難であるという問題がある。

【0005】

一方、後者の記録ヘッドの不都合を解消すべく、特開平5-286131号公報に見られるように、振動板の表面全体に互って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて各圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものが提案されている。

【0006】

これによれば圧電素子を振動板に貼付ける作業が不要となって、リソグラフィ法という精密で、かつ簡便な手法で圧電素子を作り付けることができるばかりでなく、圧電素子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した薄膜技術およびリソグラフィ法による製造方法では、薄膜のパターニング後に圧力発生室を形成するが、その際、上電極及び圧電体層の内部応力緩和の影響により、振動板が圧力発生室側に撓んでしまい、この撓みが振動板の初期変形として残留してしまうという問題がある。特に、下電極をオーバーエッチングした構造の場合には、撓み量が大きく、圧電アクチュエータの駆動による振動板の変形量が計算上の値よりも小さくなってしまう。これは、上電極及び圧電体層（及び下電極）の引張方向の内部応力緩和の影響で振動板が撓むことにより、弾性領域を越えて塑性変形領域に達しているためであると考えられる。なお、振動板としては、酸化シリコン膜の他、剛性の高いものとして酸化ジルコニウム膜を含むものが提案されているが、何れにしても同様な初期変形が生じる。

【0008】

本発明はこのような事情に鑑み、振動板の初期撓み量を低減したインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する本発明の第1の態様は、ノズル開口に連通する圧力発生室が画成される流路形成基板と、該流路形成基板の一方面に振動板を介して設けら

れ且つ少なくとも下電極、圧電体層及び上電極を有する圧電素子とを具備するインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧電体層と共に積層される少なくとも一層が圧縮応力を有する圧縮膜であり、当該圧縮膜は、前記圧力発生室に対向する領域の少なくとも一部で厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0010】

かかる第1の態様では、圧力発生室を形成する際に、圧縮膜のパターニングによって開放される応力により、振動板の初期撓み量が低減される。

【0011】

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記圧縮膜は、前記圧力発生室に対向する領域で且つ前記圧電体層以外の領域でその厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0012】

かかる第2の態様では、圧縮膜のパターニングによって開放される応力により、振動板の初期撓み量が低減される。

【0013】

本発明の第3の態様は、第1又は2の態様において、前記圧縮膜は、前記圧電素子の幅方向両側で前記圧力発生室の縁部に沿った部分のみで厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0014】

かかる第3の態様では、圧縮膜を最低限除去することにより、振動板の初期撓み量が低減される。

【0015】

本発明の第4の態様は、第1～3の何れかの態様において、前記圧縮膜が、前記下電極と前記圧電体層との間に設けられて前記下電極とは実質的に異なる材質からなる導電性膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0016】

かかる第4の態様では、導電性膜のパターニングによって開放される応力によ

り、振動板の初期撓み量が低減される。

【0017】

本発明の第5の態様は、第4の態様において、前記導電性膜が、金属酸化膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0018】

かかる第5の態様では、第1の導電性膜を金属酸化膜で形成することにより、確実に残留応力が低減される。

【0019】

本発明の第6の態様は、第4の態様において、前記導電性膜が、前記圧電体層に含まれる鉛の拡散を防止する材質から構成される膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【0020】

かかる第6の態様では、圧電体層への鉛の拡散が防止され、圧電体層の圧電特性の低下が防止される。

【0021】

本発明の第7の態様は、第4の態様において、前記導電性膜が、イリジウム、酸化イリジウム、酸化レニウム及び酸化ルテニウムからなる群から選択される材質からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0022】

かかる第7の態様では、導電性膜を特定の材質で形成することにより、残留応力が確実に低減される。

【0023】

本発明の第8の態様は、第4の態様において、前記導電性膜は、前記下電極上に形成される第1の導電性膜と、この第1の導電性膜上に形成された第2の導電性膜とを含み、少なくとも前記第1の導電性膜が前記下電極とは異なる材質からなる膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0024】

かかる第8の態様では、製造工程において、各層間に生じる残量応力を低減することができる。

【0025】

本発明の第9の態様は、第8の態様において、前記第2の導電性膜が、白金、イリジウムのうち何れか1つを主成分とする膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0026】

かかる第9の態様では、第2の導電性膜を特定の金属を主成分とする膜で構成することにより、確実に残留応力が低減される。

【0027】

本発明の第10の態様は、第8又は9の態様において、前記第1の導電性膜が、金属酸化膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0028】

かかる第10の態様では、第1の導電性膜を金属酸化膜で形成することにより、確実に残留応力が低減される。

【0029】

本発明の第11の態様は、第8～10の態様の何れかにおいて、前記第1の導電性膜が前記圧電体層に含まれる鉛の拡散を防止する材質から構成される膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0030】

かかる第11の態様では、圧電体層への鉛の拡散が防止され、圧電体層の圧電特性の低下が防止される。

【0031】

本発明の第12の態様は、第8～11の何れかの態様において、前記第1の導電性の膜が酸化イリジウム、酸化レニウム、酸化ルテニウムのうち何れか1つを主成分とすることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0032】

かかる第12の態様では、第1の導電性膜を特定の材質で形成することにより、残留応力が確実に低減される。

【0033】

本発明の第13の態様は、第1～12の何れかの態様において、前記振動板の

少なくとも一部を構成する弾性膜の少なくとも一部を構成することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0034】

かかる第13の態様では、圧縮膜のパターニングによって開放される応力によって、振動板の初期撓み量が低減される。

【0035】

本発明の第14の態様は、第13の態様において、前記弾性膜を構成する圧縮膜の少なくとも残留部分が多結晶体からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0036】

かかる第14の態様では、残留部分の剛性が向上する。

【0037】

本発明の第15の態様は、第13又は14の態様において、前記弾性膜が、前記圧縮膜のみからなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0038】

かかる第15の態様では、圧縮膜の一部が除去されることによる開放される応力により、初期たわみが低減される。

【0039】

本発明の第16の態様は、第13又は14の態様において、前記弾性膜が、複数層の膜からなり、その少なくとも最上層が前記圧縮膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0040】

かかる第16の態様では、最上層のパターニングによって圧縮応力が開放され、初期たわみが低減される。

【0041】

本発明の第17の態様は、第13～16の何れかの態様において、前記弾性膜を構成する前記圧縮膜が、金属酸化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0042】

かかる第17の態様では、金属酸化物で圧縮応力を有する膜を形成し、圧力発生室を形成する際、振動板の下方への変形を効果的に防止することができる。

【0043】

本発明の第18の態様は、第17の態様において、前記圧縮膜が酸化ジルコニウム又は酸化ハフニウムからなり、当該圧縮膜の結晶構造が単斜晶系であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0044】

かかる第18の態様では、単斜晶系の膜とすることにより、圧縮応力を有する膜とすることができる。

【0045】

本発明の第19の態様は、第16～18の何れかの態様において、前記圧縮膜の下層は、当該圧縮膜とはエッチング特性が異なって選択的にエッチングされない材料からなる層であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0046】

かかる第19の態様では、圧縮膜のパターニングを容易に行うことができる。

【0047】

本発明の第20の態様は、第18の態様において、前記圧縮膜の下層の選択的にエッチングされない膜が、金属、安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウム及び安定化もしくは部分安定化酸化ハフニウムからなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0048】

かかる第20の態様では、エッチング性の相違により、圧縮膜のエッチングを容易に行うことができる。

【0049】

本発明の第21の態様は、第13～20の何れかの態様において、前記下電極が、引張応力を有する膜からなり、当該下電極の厚さが、少なくとも一部が除去された部分の前記圧縮膜の厚さより薄いことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0050】

かかる第 21 の態様では、下電極のパターニングによって開放される引張応力よりも圧縮膜のパターニングによって開放される圧縮応力の方が大きくなり、初期撓み量が低減される。

【0051】

本発明の第 22 の態様は、第 16～21 の何れかの態様において、前記弾性膜は、前記前記圧力発生室側に、二酸化シリコン膜又はボロンドープシリコン膜を含むことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0052】

かかる第 22 の態様では、二酸化シリコン膜を含む弾性膜が振動板として作用する。

【0053】

本発明の第 23 の態様は、第 1～22 の何れかの態様において、前記下電極が前記圧縮膜からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0054】

かかる第 23 の態様では、圧力発生室を形成する際、下電極の応力が開放される力によって、圧電体層が幅方向外側に引っ張られて圧電特性が向上する。

【0055】

本発明の第 24 の態様は、第 23 の態様において、前記下電極が金属材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0056】

かかる第 24 の態様では、下電極を金属材料で形成することにより、圧縮応力とし、圧電特性を向上することができる。

【0057】

本発明の第 25 の態様は、第 23 の態様において、前記下電極が、金属酸化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0058】

かかる第 25 の態様では、下電極を金属酸化物で形成することにより、圧縮応力とし、圧電特性を向上することができる。

【0059】

本発明の第26の態様は、第23の態様において、前記下電極が金属窒化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0060】

かかる第26の態様では、下電極を金属窒化物で形成することにより、圧縮応力とし、圧電特性を向上することができる。

【0061】

本発明の第27の態様は、第23～26の何れかの態様において、前記圧電体層の幅方向両側の前記下電極が完全に除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0062】

かかる第27の態様では、下電極の圧縮応力が厚さ方向で全て開放され、振動板の初期撓み量を低減することができる。

【0063】

本発明の第28の態様は、第1～27の何れかの態様において、前記上電極は、前記圧縮膜で構成され、且つ前記圧電体層と共にパターンニングされていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0064】

かかる第28の態様では、圧力発生室を形成する際に、振動板が上電極から引張方向の応力を受けて、下方に変形されるのが防止される。

【0065】

本発明の第29の態様は、第28の態様において、前記圧縮膜からなる前記上電極は、少なくとも前記圧電素子をパターンニング後に圧縮応力を有することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0066】

かかる第29の態様では、圧力発生室を形成する際に、振動板が上電極から引張方向の応力を受けて、下方に変形されるのが防止される。

【0067】

本発明の第30の態様は、第29の態様において、前記上電極の主成分が、金属材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0068】

かかる第30の態様では、上電極を金属材料で形成することにより、圧縮応力とすることができる。

【0069】

本発明の第31の態様は、第30の態様において、前記圧縮膜からなる前記上電極は、スパッタ法で形成され、且つ前記金属材料中に所定のガスが添加されることにより圧縮応力となっていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0070】

かかる第31の態様では、製造工程を増やすことなく容易に上電極に圧縮応力を付与することができる。

【0071】

本発明の第32の態様は、第31の態様において、前記ガスは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン及びラドンの群から選択される不活性ガスであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0072】

かかる第32の態様では、ガスが上電極と反応することなく上電極に圧縮応力を付与することができる。

【0073】

本発明の第33の態様は、第30の態様において、前記圧縮膜からなる前記上電極は、前記金属材料に、異なる成分の金属、半金属、半導体及び絶縁体からなる群から選択される少なくとも一種の添加物が添加されることにより圧縮応力となっていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0074】

かかる第33の態様では、上電極に、より強い圧縮応力を付与することができる。

【0075】

本発明の第34の態様は、第33の態様において、前記添加物が、イオン打ち込みにより前記上電極に添加されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッ

ドにある。

【0076】

かかる第34の態様では、上電極の上層側により多くの添加物が添加されるため、上層側がより強い圧縮応力となる。

【0077】

本発明の第35の態様は、第33の態様において、前記添加物が、前記上電極上に設けられた層からの固相拡散により前記上電極に添加されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0078】

かかる第35の態様では、上電極の上層側により多くの添加物が添加されるため、上層側がより強い圧縮応力となる。

【0079】

本発明の第36の態様は、第35の態様において、前記固相拡散は、不活性ガス又は真空下で加熱することにより行われることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0080】

かかる第36の態様では、不活性ガス又は真空下で加熱することにより、比較的容易に固相拡散を実行することができる。

【0081】

本発明の第37の態様は、第28又は29の態様において、前記上電極は、前記圧電体層の表面に形成される第1の電極と、この第1の電極上に積層される第2の電極とを有し、当該第2の電極は、金属酸化物又は金属窒化物からなる膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0082】

かかる第37の態様では、上電極の上層が下層より強い圧縮応力を有する酸化膜で構成され、圧力発生室を形成する際、振動板が効果的に上方に変形される。

【0083】

本発明の第38の態様は、第37の態様において、前記第1の電極の主成分が、金属材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0084】

かかる第38の態様では、第1の電極を金属材料で形成することにより、圧縮応力とすることができる。

【0085】

本発明の第39の態様は、第24～38の何れかの態様において、前記金属材料は、白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム及びレジウム、並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0086】

かかる第39の態様では、上電極の上層を酸化膜で形成することにより、下層より強い圧縮応力とすることができ、圧力発生室を形成する際、振動板の下方への変形を効果的に防止することができる。

【0087】

本発明の第40の態様は、第17～39の何れかの態様において、前記金属酸化物が、酸化ルテニウム、酸化インジウム錫、酸化カドミウムインジウム、酸化錫、酸化マンガン、酸化レニウム、酸化イリジウム、酸化ストロンチウムルテニウム、酸化インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及び酸化モリブデン、並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0088】

かかる第40の態様では、特定の金属酸化物で膜を形成することにより、圧縮応力を有する膜を形成できる。

【0089】

本発明の第41の態様は、第26～39の何れかの態様において、前記金属窒化物が、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化ジルコニウム、窒化タンゲステン、窒化ハフニウム、窒化モリブデン、窒化タンタル、窒化クロム及び窒化バナジウム、並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0090】

かかる第41の態様では、特定の金属窒化物で膜を形成することにより、圧縮応力を有する膜を形成できる。

【0091】

本発明の第42の態様は、第40又は41の態様において、前記金属酸化物及び前記金属窒化物で形成される層は、成膜後に酸化又は窒化することにより形成されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0092】

かかる第42の態様では、金属酸化物及び金属窒化物で形成される層を容易に形成することができる。

【0093】

本発明の第43の態様は、第1～42の何れかの態様において、前記振動板の少なくとも一部を構成する前記弾性膜は、前記圧力発生室に対向する領域で且つ前記圧電体層以外の領域でその厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0094】

かかる第43の態様では、弾性膜の一部が除去されることにより、弾性膜のコンプライアンスが増加し、圧電素子の駆動による振動板の変形量が向上する。

【0095】

本発明の第44の態様は、第43の態様において、前記弾性膜は、前記圧電素子の幅方向両側で前記圧力発生室の縁部に沿った部分のみで厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0096】

かかる第44の態様では、弾性膜の一部が除去されることにより、弾性膜のコンプライアンスが増加し、圧電素子の駆動による振動板の変形量が向上する。

【0097】

本発明の第45の態様は、第43又は44の態様において、前記圧電素子は、前記弾性膜上に当該弾性膜の少なくとも一部が除去された部分まで亘るように形成されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0098】

かかる第45の態様では、圧電体能動部の幅方向への位置ずれが防止される。

【0099】

本発明の第46の態様は、第45の態様において、前記圧電素子を構成する前記圧電体層の厚さが、略一様であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0100】

かかる第46の態様では、圧電体能動部の幅方向への位置ずれが防止される。

【0101】

本発明の第47の態様は、第45の態様において、前記圧電素子を構成する前記圧電体層の前記弾性膜の一部が除去された部分まで延設された端部の厚さが、他の部分より厚いことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0102】

かかる第47の態様では、圧電体能動部の幅方向端部での絶縁破壊が抑えられる。

【0103】

本発明の第48の態様は、第43～47の何れかの態様において、前記圧電体層の少なくとも一部は、前記圧力発生室に対向する領域に亘って形成され、前記圧電素子は、前記上電極のみ又は前記上電極及び前記圧電体層の厚さ方向の一部をパターンニングすることにより形成されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0104】

かかる第48の態様では、上電極のみ、又は上電極及び圧電体層の厚さ方向の一部をパターンニングすることにより圧電素子が形成される。

【0105】

本発明の第49の態様は、第43～48の何れかの態様において、前記下電極は、前記圧電素子に対向する領域とそれ以外の領域とで一様に設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0106】

かかる第49の態様では、下電極が除去されないため、残留応力による弾性膜の初期撓み量が抑えられる。

【0107】

本発明の第50の態様は、第1～49の何れかの態様において、前記振動板が、前記圧力発生室から外側に向かって凸に変形していることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0108】

かかる第50の態様では、初期状態において、振動板がインク吐出とは反対側に変形しているので、インク吐出のための振動板の変形量が向上される。

【0109】

本発明の第51の態様は、第1～50の何れかの態様において、前記圧電素子に駆動力が負荷される際の前記圧電体層の応力が、前記圧電体層の成膜時の応力と同等か又は引張り方向に大きいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0110】

かかる第51の態様では、圧電体層の圧電特性が向上され、振動板の変位量が向上する。

【0111】

本発明の第52の態様は、第51の態様において、前記圧力発生室に対向する領域の前記圧電素子が、前記圧力発生室を形成したときに前記圧電体層側に凸に撓んでいることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0112】

かかる第52の態様では、圧電体層の圧電特性及び振動板の変位量が向上され、排除体積が向上する。

【0113】

本発明の第53の態様は、第51又は52の態様において、前記振動板の膜張力は、前記圧力発生室に対向する領域内の前記圧電素子に対向する部分の膜張力が、当該圧電素子に対向する領域以外の膜張力よりも、相対的に圧縮側に小さいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0114】

かかる第53の態様では、圧電素子を構成する圧電体層の圧電特性が向上され、振動板の変位量が増加する。

【0115】

本発明の第54の態様は、第1～53の何れかの態様において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0116】

かかる第54の態様では、高密度のノズル開口を有するインクジェット式記録ヘッドを大量に且つ比較的容易に製造することができる。

【0117】

本発明の第55の態様は、第1～54の何れかの態様のインクジェット式記録ヘッドを具備することを特徴とするインクジェット式記録装置にある。

【0118】

かかる第55の態様では、ヘッドのインク吐出性能を向上したインクジェット式記録装置を実現することができる。

【0119】

【発明の実施の形態】

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0120】

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドを示す分解斜視図であり、図2は、平面図及びその1つの圧力発生室の長手方向における断面構造を示す図である。

【0121】

図示するように、流路形成基板10は、本実施形態では面方位(110)のシリコン単結晶基板からなる。流路形成基板10としては、通常、150～300 μ m程度の厚さのものが用いられ、望ましくは180～280 μ m程度、より望

ましくは $220\text{ }\mu\text{m}$ 程度の厚さのものが好適である。これは、隣接する圧力発生室間の隔壁の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

【0122】

流路形成基板 10 の一方の面は開口面となり、他方の面には、例えば、ジルコニウムの膜を形成後、熱酸化することにより形成した圧縮応力を有する酸化ジルコニウムからなる、厚さ $0.2\sim 3.0\text{ }\mu\text{m}$ の弾性膜 50 が形成されている。

【0123】

一方、流路形成基板 10 の開口面には、シリコン単結晶基板を異方性エッチングすることにより、ノズル開口 11、圧力発生室 12 が形成されている。

【0124】

ここで、異方性エッチングは、シリコン単結晶基板を KOH 等のアルカリ溶液に浸漬すると、徐々に侵食されて (110) 面に垂直な第 1 の (111) 面と、この第 1 の (111) 面と約 70° の角度をなし且つ上記 (110) 面と約 35° の角度をなす第 2 の (111) 面とが出現し、(110) 面のエッチングレートと比較して (111) 面のエッチングレートが約 $1/180$ であるという性質を利用して行われるものである。かかる異方性エッチングにより、二つの第 1 の (111) 面と斜めの二つの第 2 の (111) 面とで形成される平行四辺形状の深さ加工を基本として精密加工を行うことができ、圧力発生室 12 を高密度に配列することができる。

【0125】

本実施形態では、各圧力発生室 12 の長辺を第 1 の (111) 面で、短辺を第 2 の (111) 面で形成している。この圧力発生室 12 は、流路形成基板 10 をほぼ貫通して弾性膜 50 に達するまでエッチングすることにより形成されている。なお、弾性膜 50 は、シリコン単結晶基板をエッチングするアルカリ溶液に侵される量がきわめて小さい。

【0126】

一方、各圧力発生室 12 の一端に連通する各ノズル開口 11 は、圧力発生室 12 より幅狭で且つ浅く形成されている。すなわち、ノズル開口 11 は、シリコン単結晶基板を厚さ方向に途中までエッチング（ハーフエッチング）することによ

り形成されている。なお、ハーフエッチングは、エッチング時間の調整により行われる。

【0127】

ここで、インク滴吐出圧力をインクに与える圧力発生室12の大きさと、インク滴を吐出するノズル開口11の大きさとは、吐出するインク滴の量、吐出スピード、吐出周波数に応じて最適化される。例えば、1インチ当たり360個のインク滴を記録する場合、ノズル開口11は数十 μm の溝幅で精度よく形成する必要がある。

【0128】

また、各圧力発生室12と後述する共通インク室31とは、後述する封止板20の各圧力発生室12の一端部に対応する位置にそれぞれ形成されたインク供給連通口21を介して連通されており、インクはこのインク供給連通口21を介して共通インク室31から供給され、各圧力発生室12に分配される。

【0129】

封止板20は、前述の各圧力発生室12に対応したインク供給連通口21が穿設された、厚さが例えば、0.1~1mmで、線膨張係数が300℃以下で、例えば2.5~4.5 [$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]であるガラスセラミックスからなる。なお、インク供給連通口21は、図3(a), (b)に示すように、各圧力発生室12のインク供給側端部の近傍を横断する一つのスリット孔21Aでも、あるいは複数のスリット孔21Bであってもよい。封止板20は、一方の面で流路形成基板10の一面を全面的に覆い、シリコン単結晶基板を衝撃や外力から保護する補強板の役目も果たす。また、封止板20は、他面で共通インク室31の一壁面を構成する。

【0130】

共通インク室形成基板30は、共通インク室31の周壁を形成するものであり、ノズル開口数、インク滴吐出周波数に応じた適正な厚みのステンレス板を打ち抜いて作製されたものである。本実施形態では、共通インク室形成基板30の厚さは、0.2mmとしている。

【0131】

インク室側板 40 は、ステンレス基板からなり、一方の面で共通インク室 31 の一壁面を構成するものである。また、インク室側板 40 には、他方の面の一部にハーフエッチングにより凹部 40a を形成することにより薄肉壁 41 が形成され、さらに、外部からのインク供給を受けるインク導入口 42 が打抜き形成されている。なお、薄肉壁 41 は、インク滴吐出の際に発生するノズル開口 11 と反対側へ向かう圧力を吸収するためのもので、他の圧力発生室 12 に、共通インク室 31 を経由して不要な正又は負の圧力が加わるのを防止する。本実施形態では、インク導入口 42 と外部のインク供給手段との接続時等に必要な剛性を考慮して、インク室側板 40 を 0.2 mm とし、その一部を厚さ 0.02 mm の薄肉壁 41 としているが、ハーフエッチングによる薄肉壁 41 の形成を省略するために、インク室側板 40 の厚さを初めから 0.02 mm としてもよい。

【0132】

一方、流路形成基板 10 の開口面とは反対側の弾性膜 50 の上には、厚さが例えば、約 0.2 μm の下電極膜 60 と、厚さが例えば、約 1 μm の圧電体膜 70 と、厚さが例えば、約 0.1 μm の上電極膜 80 とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電素子 300 を構成している。ここで、圧電素子 300 は、下電極膜 60、圧電体膜 70、及び上電極膜 80 を含む部分をいう。一般的には、圧電素子 300 の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体膜 70 を各圧力発生室 12 毎にパターニングして構成する。そして、ここではパターニングされた何れか一方の電極及び圧電体膜 70 から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体能動部 320 という。本実施形態では、下電極膜 60 は圧電素子 300 の共通電極とし、上電極膜 80 を圧電素子 300 の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。何れの場合においても、各圧力発生室毎に圧電体能動部が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子 300 と当該圧電素子 300 の駆動により変位が生じる振動板とを合わせて圧電アクチュエータと称する。なお、上述した例では、弾性膜 50 及び下電極膜 60 が振動板として作用するが、下電極膜が弾性膜を兼ねるようにしてもよい。

【0133】

また、本発明では、流路形成基板 10 の圧電素子 300 側に、この圧電素子 300 を構成する層と共に積層されて圧縮応力を有する膜を設け、振動板の初期撓み量を低減させている。本実施形態では、弾性膜 50 を圧縮応力を有する膜とした。

【0134】

ここで、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板 10 上に、弾性膜 50 及び圧電素子 300 を構成する各層を形成するプロセスを図 4 を参照しながら説明する。

【0135】

図 4 (a) に示すように、まず、流路形成基板 10 となるシリコン単結晶基板の一方面に、圧縮応力を有する弾性膜 50 を形成する。この弾性膜 50 の材質としては、所定の強度を有し、且つ圧縮応力を有する膜となる材料、例えば、金属酸化物等の多結晶体が好ましく、例えば、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及びそれらの化合物等が挙げられる。例えば、酸化ジルコニウム又は酸化ハフニウムの場合には、単斜晶系とすることにより、圧縮応力を有する膜とすることができる。

【0136】

本実施形態の弾性膜 50 では、シリコン単結晶基板上にジルコニウム層をスパッタリングで形成後、約 1150℃ の拡散炉で酸素中で熱酸化処理することにより、単斜晶系の酸化ジルコニウムからなる弾性膜 50 を形成した。ここで、ジルコニウムは酸化される際に、相転移温度以上に加熱されているため、冷却時に相転移を起こして単斜晶系となり、圧縮応力を有する酸化ジルコニウムとなる。

【0137】

次に、図 4 (b) に示すように、スパッタリングで下電極膜 60 を形成する。下電極膜 60 の材料としては、白金、イリジウム等が好適である。これは、スパッタリング法やゾルゲル法で成膜する後述の圧電体膜 70 は、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で 600～1000℃ 程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下電極膜 60 の材料は、このような高温、

酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならず、殊に、圧電体膜 70 としてチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) を用いた場合には、酸化鉛の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由から白金、イリジウム等が好適である。

【0138】

次に、図 4 (c) に示すように、圧電体膜 70 を成膜する。この圧電体膜 70 の成膜にはスパッタリング法を用いることもできるが、本実施形態では、金属有機物を溶媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体膜 70 を得る、いわゆるゾルーゲル法を用いている。圧電体膜 70 の材料としては、PZT 系の材料がインクジェット式記録ヘッドに使用する場合には好適である。

【0139】

次に、図 4 (d) に示すように、上電極膜 80 を成膜する。上電極膜 80 は、導電性の高い材料であればよく、例えば、アルミニウム、金、ニッケル、白金等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、白金をスパッタリング法により成膜している。

【0140】

次に、図 5 に示すように、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 をパターンニングする。

【0141】

まず、図 5 (a) に示すように、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 を一緒にエッチングして下電極膜 60 の全体パターンをパターンニングする。次いで、図 5 (b) に示すように、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 をエッチングして圧電体能動部 320 のパターンニングを行う。次いで、図 5 (c) に示すように、圧力発生室 12 に対向し、圧電体能動部 320 の幅方向両側のいわゆる振動板の腕部の下電極膜 60 をエッチングにより除去し、さらに弾性膜 50 を厚さ方向の一部までオーバーエッチングして、弾性膜除去部 350 を形成する。この弾性膜 50 のオーバーエッチングの深さは、膜全体の応力バランスから考慮して形成すればよいが、特に、下電極膜 60 が引張応力を有する場合には、少なくとも下電

極膜 60 の厚さよりも深いことが好ましく、例えば、本実施形態では、約 0.4 μm の深さで形成した。

【0142】

本実施形態では、その後、圧力発生室 12 をエッチングにより形成するが、このときの圧電体能動部 320 が受ける応力の状態を以下に説明する。なお、図 6 は、圧力発生室 12 をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。

【0143】

図 6 (a) に示すように、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 は、流路形成基板 10 から引張応力を受けており、弾性膜 50 は、圧縮応力を受けている。そのため、図 6 (b) に示すように、圧電体能動部 320 をパターンニングすると、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 は、それぞれ引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 の一部が開放され、また、弾性膜 50 も、一部が除去されることにより、圧縮応力 σ_4 の一部が開放される。弾性膜 50 の圧縮応力 σ_4 が開放される大きさは、弾性膜 50 が除去された深さに比例するため、本実施形態では、上述のように、弾性膜 50 を少なくとも下電極膜 60 の厚さよりも深く除去し、膜全体の応力のバランスを調整している。したがって、次に、図 6 (c) に示すように、圧電体能動部 320 の下方に圧力発生室 12 を形成しても、流路形成基板 10 から受ける下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 の応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 の向きに対して弾性膜 50 の応力 σ_4 の向きが逆であるため、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 の引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 が開放される力と弾性膜 50 の圧縮応力 σ_4 が開放される力とがつり合っていると、振動板のたわみはほとんど発生しない。

【0144】

なお、弾性膜 50 が圧縮応力を受けていても、弾性膜除去部 350 が形成されていない場合には、図 7 (a) に示すように、圧力発生室 12 形成前に、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 にはそれぞれ引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 が残留しているので、圧力発生室 12 を形成すると、図 7 (b) に示すように、引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 は開放されて収縮しようとする力となり、結果的に、弾性

膜 50 は、下に凸に変形され、これが初期変形として残留する。また、弾性膜 50 が圧縮応力ではなく引張応力を受けている場合に、弾性膜除去部を形成すると、弾性膜の引張応力も一部が除去されて収縮しようとする力となり、振動板はさらに下に凸に変形されてしまうことになる。

【0145】

このように、本実施形態では、弾性膜 50 を圧縮応力を有する材料で形成し、この弾性膜 50 の一部をオーバーエッチングして弾性膜除去部 350 とした。これにより、圧電体能動部 320 をパターニング及び圧力発生室 12 形成後に、各圧電体能動部 320 の幅方向両側の弾性膜除去部 350 で圧縮応力が開放されて、弾性膜 50 が引張方向の応力を受ける。したがって、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 の圧縮方向の応力が相殺され、圧力発生室 12 形成による振動板の初期撓み量を低減または無くすることができる。また、同時に圧電体膜 70 の変形も防止できるため、圧電体膜 70 の圧力発生室 12 形成前の圧電特性を維持することができる。したがって、ヘッドの変位効率を向上することができる。さらに、本実施形態では、弾性膜 50 を、多結晶性である金属酸化物で形成し、所定の強度を得るようにしたので、耐久性の低下も防止される。

【0146】

なお、従来より酸化ジルコニウム膜を弾性膜として用いられているが、本発明は、酸化ジルコニウム膜を強い圧縮応力を有する単斜晶系膜とし且つその圧縮応力をエッチングすることで開放することにより、初期変形を緩和するものである。また、酸化ジルコニウム膜を単斜晶系膜として複合膜が受ける応力のバランスをとることにより膜間の剥離を防止する技術も提案されているが、酸化ジルコニウム膜の圧縮応力を開放して初期たわみを緩和するものではない。

【0147】

上述の説明では、圧電体能動部 320 をパターニングした後、圧力発生室 12 を形成するようにしたが、実際には、図 2 に示すように、各上電極膜 80 の上面の少なくとも周縁、及び圧電体膜 70 および下電極膜 60 の側面を覆うように電気絶縁性を備えた絶縁体層 90 を形成し、さらに、絶縁体層 90 の各圧電体能動部 320 の一端部に対応する部分の上面を覆う部分の一部にはリード電極 100

と接続するために上電極膜 80 の一部を露出させるコンタクトホール 90 a を形成し、このコンタクトホール 90 a を介して各上電極膜 80 に一端が接続し、また他端が接続端子部に延びるリード電極 100 を形成してもよい。ここで、リード電極 100 は、駆動信号を上電極膜 80 に確実に供給できる程度に可及的に狭い幅となるように形成するのが好ましい。なお、本実施形態では、コンタクトホール 90 a は、圧力発生室 12 に対向する領域に設けられているが、圧電体能動部 320 の圧電体膜 70 及び上電極膜 80 を圧力発生室 12 の長手方向一端部から周壁に対向する領域まで延設し、圧力発生室 12 の周壁に対向する位置にコンタクトホール 90 a を設けてもよい。

【0148】

また、以上説明した一連の膜形成及び異方性エッチングは、一枚のウェハ上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、図 1 に示すような一つのチップサイズの流路形成基板 10 毎に分割する。また、分割した流路形成基板 10 を、封止板 20、共通インク室形成基板 30、及びインク室側板 40 と順次接着して一体化し、インクジェット式記録ヘッドとする。

【0149】

このように構成したインクジェットヘッドは、図示しない外部インク供給手段と接続したインク導入口 42 からインクを取り込み、共通インク室 31 からノズル開口 11 に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない外部の駆動回路からの記録信号に従い、リード電極 100 を介して下電極膜 60 と上電極膜 80 との間に電圧を印加し、弾性膜 50、下電極膜 60 及び圧電体膜 70 をたわみ変形させることにより、圧力発生室 12 内の圧力が高まりノズル開口 11 からインク滴が吐出する。

【0150】

ここで、本実施形態の圧電素子の駆動時の振動板に加わる力と弾性変形量との関係を図 8 (a) に示す。図示のように、本実施形態では、初期段階で、振動板に変形がないので、駆動時に発生する力 F に対する変形 T が弾性変形領域で生じることになる。一方、図 8 (b) に示すように、下電極膜 60、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 の応力により、初期に加わった力 f によって初期変形 t が生じて

いる場合には、駆動時に力Fが加ると、塑性変形領域に入ってしまうので、対応する変形Tは得られずに変形T'が生じることになり、 $(T-T')$ が変形の損失となる。

【0151】

(実施形態2)

図9は、実施形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【0152】

本実施形態は、弾性膜を複数層で構成するようにした例であり、他の構造は実施形態1と同様である。

【0153】

本実施形態では、弾性膜50Aは、図9に示すように、流路形成基板10上に形成され、例えば、厚さが $1.0\mu\text{m}$ の酸化シリコン膜からなる第1の弾性膜51と、この第1の弾性膜51上に設けられ、例えば、酸化ジルコニウム等の圧縮応力を有する酸化金属膜等で形成される第2の弾性膜52との二層で構成されている。そして、本実施形態では、この第2の弾性膜52の一部をオーバーエッチングして弾性膜除去部350Aを形成することにより、振動板の初期撓み量の減少及び圧電特性の向上を図っている。勿論、第2の弾性膜52の厚さ方向の全部を除去して弾性膜除去部350Aとしてもよい。

【0154】

このような実施形態2の構成によっても、実施形態1と同様の効果が得られ、さらに、弾性膜を二層で構成することにより、弾性膜の強度を向上することができ、弾性膜除去部350Aを形成することによって、確実に振動板の変位効率を向上することができる。

【0155】

なお、弾性膜除去部350Aが形成される弾性膜、本実施形態では、第2の弾性膜52の下層に設けられる弾性膜、本実施形態では第1の弾性膜51は、圧縮応力を有することが好ましいが、これに限定されず、少なくとも第2の弾性膜52が圧縮応力を有していればよく、第1の弾性膜51は、引張応力を有していてもよい。また、本実施形態では、第1の弾性膜51を、酸化シリコン膜で形成し

たが、これに限定されず、例えば、ボロンドープシリコン膜又は金属酸化膜等であつてもよい。

【0156】

また、本実施形態のように、弾性膜を複数層で形成する場合には、弾性膜除去部を形成する圧縮応力を有する弾性膜を酸化シリコン膜で形成するようにしてもよい。

【0157】

(実施形態3)

図10は、実施形態3に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【0158】

本実施形態は、弾性膜を複数層で構成するようにした他の例であり、他の構造は、上述の実施形態と同様である。

【0159】

本実施形態の弾性膜50Bは、図10に示すように、流路形成基板10上に形成した、例えば、厚さが、1 μ mの酸化シリコンからなる第1の弾性膜51Aと、第1の弾性膜51A上に形成され、例えば、厚さが0.2 μ mの白金等の金属からなる第2の弾性膜52Aと、例えば、厚さが1 μ mで圧縮応力を有する酸化ジルコニウム等の金属酸化物等からなる第3の弾性膜53との三層で構成されている。そして、本実施形態では、最も上層の第3の弾性膜53の面方向の一部を第2の弾性膜52Aに達するまで除去して弾性膜除去部350Bとした。

【0160】

なお、第2の弾性膜52Aは、本実施形態では、白金で形成したが、これに限定されず、靱性を有する金属、例えば、イリジウム等を用いてもよい。

【0161】

このように、第2の弾性膜52Aを、白金、イリジウム等の金属で、第3の弾性膜53とはエッチング特性が異なり選択的にエッチングされない材料で形成することにより、弾性膜除去部350Bを容易に形成することができる。また、この第2の弾性膜52Aは、例えば、安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウム

等の引張り応力を有する金属酸化物でもよい。

【0162】

また、本実施形態では、第1の弾性膜51Aを、酸化シリコン膜で形成したが、例えば、ボロンドープシリコン膜等であってもよい。

【0163】

このような構成によっても、上述の実施形態の効果を得ることができる。また、本実施形態では、エッチングされる第3の弾性膜53の下に、さらにそれぞれ別部材で形成された第1及び第2の弾性膜51A、52Bを設けるようにしたので、弾性膜除去部350B及び圧力発生室12の形成によって生じる振動板の撓みをさらに低く抑えることができる。

【0164】

(実施形態4)

図11は、実施形態4に係るインクジェット式記録ヘッドの要部平面図及び断面図。

【0165】

図11に示すように、本実施形態は、下電極膜60を各圧電体能動部320毎にパターニングすることなく、弾性膜50上に一様に形成するようにした以外、実施形態1と同様である。

【0166】

なお、本実施形態の圧電体能動部320の形成方法としては、特に限定されないが、弾性膜50の一部に弾性膜除去部350を形成した後に、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80を成膜及びパターニングすればよい。

【0167】

このような構成においても、上述の実施形態と同様の効果を得ることができる。また、本実施形態では、下電極膜60を一様に形成するようにしたので、圧電体能動部320の幅方向両側に対応する部分の弾性膜50に作用する応力を低く抑えることができるため、圧電体能動部320の駆動による弾性膜50の破壊が抑えられる。

【0168】

また、圧電体能動部 320 の幅方向両側のいわゆる腕部の膜厚は、下電極膜 60 のオーバーエッチングが不要であるため、弾性膜除去部 350 の深さのみで調整され、腕部の膜厚を正確に形成することができる。さらに、下電極膜 60 をオーバーエッチングすることによる圧電体膜 70 へのダメージがなく、吐出特性を向上することができる。

【0169】

なお、本実施形態では、圧電体膜 70 を各圧力発生室 12 に対応して個別に設けて圧電体能動部 320 を形成したが、これに限定されず、例えば、図 12 (a) に示すように、圧電体膜 70 を全体に設け、上電極膜 80 を各圧力発生室 12 に対応するように個別に設けるようにしてもよい。この場合、上電極膜 80 のパターニングにより圧電体膜 70 の厚さ方向の一部まで除去されてもよく、さらに、例えば、図 12 (b) に示すように、圧力発生室 12 対応する領域以外の圧電体膜の厚さ方向の一部まで積極的にをパターニングするようにしてもよい。

【0170】

また、上述の実施形態では、圧電体能動部 320 が形成される領域以外の全ての領域の弾性膜 50 をパターニングして弾性膜除去部 350 としたが、これに限定されず、例えば、図 13 (a) 及び (b) に示すように、圧電体能動部 320 の幅方向両側で圧力発生室 12 の縁部に沿った部分のみに形成するようにしてもよく、また、例えば、図 13 (c) に示すように、圧電体能動部 320 の幅方向両側及び圧電体能動部 320 の端部の長手方向外側に対応する部分に形成するようにしてもよい。この場合、下電極膜 60 を除去する場合と異なり、弾性膜 50 に弾性膜除去部 350 が形成されていても、圧電体膜 70 を圧力発生室 12 の周壁上まで延設することができる。また、何れにしても、上述と同様に、弾性膜 50 の初期撓み量を低減することができ、振動板の変位向上を図ることができる。

【0171】

(実施形態 5)

図 14 には、本発明の実施形態 5 に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電体能動部および圧力発生室の形状を示す。

【0172】

本実施形態では、図 14 に示すように、圧電体能動部 320 を、その幅方向両端部がそれぞれ弾性膜除去部 350 に対向する領域まで延設し、圧電体能動部 320 を構成する圧電体膜 70 を一様な厚さで形成するようにした以外は、実施形態 4 と同様である。

【0173】

このような構成によっても、実施形態 4 と同様の効果を奏する。また、本実施形態では、圧電体能動部を幅方向両端部が弾性膜除去部 350 に対向する領域に位置するように形成するようにした。すなわち、圧電体能動部 320 は、弾性膜除去部 350 によって相対的に突出した部分の弾性膜 50 の幅方向の幅方向両側面を挟持するように設けられている。したがって、圧電体能動部 320 の幅方向への位置ずれを防止することができる。

【0174】

(実施形態 6)

図 15 には、本発明の実施形態 6 に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電体能動部および圧力発生室の形状を示す。

【0175】

本実施形態では、圧電体能動部 320 の幅方向両側に対応する領域の弾性膜 50 のみに弾性膜除去部 350 を形成し、圧電体能動部 320 をこの弾性膜除去部 350 に対向する領域まで延設するようにした以外、基本的な構造は上述の実施形態と同様である。

【0176】

このように、弾性膜除去部 350 を狭い幅で設けることにより、膜形成の際、この弾性膜除去部 350 に対向する領域の圧電体膜 70 は、表面が弾性膜 50 の形状に沿って形成されず、略平面状に形成される。そのため、圧電体能動部 320 をパターニングしても弾性膜除去部 350 に対向する領域の圧電体膜 70 は他の部分より厚く残っていることになる。

【0177】

これにより、本実施形態においても、実施形態 2 と同様の効果を奏すると共に、圧電体能動部 320 の幅方向端部の圧電体膜 70 の絶縁破壊が防止され、信頼

性を向上することができる。

【0178】

(実施形態7)

本実施形態は、弾性膜50の代りに下電極膜60を圧縮応力を有する膜とし、圧電体能動部320の幅方向両側に、弾性膜除去部350ではなく、下電極膜60の少なくとも一部を除去して下電極膜除去部360とした。また、弾性膜50を、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板10の表面を酸化させた二酸化シリコン膜とした以外、実施形態1と同様である。

【0179】

ここで、本実施形態の圧電体能動部320が受ける応力の状態を以下に説明する。なお、図16は、圧力発生室12をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。

【0180】

図16(a)に示すように、圧電体膜70及び上電極膜80は、流路形成基板10から引張応力 σ_2 、 σ_1 を受けており、本実施形態では、下電極膜60が圧縮応力 σ_3 を受けている。そのため、図16(b)に示すように、圧電体能動部320をパターニングすると、圧電体膜70及び上電極膜80は、それぞれ引張応力 σ_2 、 σ_1 の一部が開放され、下電極膜60は、圧縮応力 σ_3 の一部が開放される。次に、図16(c)に示すように、圧電体能動部320の下方に圧力発生室12を形成すると、流路形成基板10から受ける圧電体膜70及び上電極膜80の引張り応力 σ_2 、 σ_1 が開放されて圧縮方向の力となり、一方、下電極膜60の下電極膜除去部360が形成されている部分の圧縮応力 σ_3 が開放されて引張り方向の力となる。したがって、圧電体膜70及び上電極膜80の応力 σ_2 、 σ_1 が開放される力と下電極膜60の圧縮応力 σ_3 が開放される力とがつり合っている場合には、振動板のたわみはほとんど発生しない。

【0181】

このような圧縮応力を有する下電極膜60の材料としては、圧縮応力を有する膜となる材料、例えば、金属、導電性酸化物又は導電性窒化物であることが好ましく、具体的に、金属としては、例えば、白金、イリジウム、ルテニウム、オス

ミウム、レニウム、ロジウム及びパラジウム、並びにこれらの化合物等が挙げられ、導電性酸化物としては、例えば、酸化ルテニウム、酸化インジウム錫、酸化カドミウムインジウム、酸化錫、酸化マンガン、酸化レニウム、酸化イリジウム、酸化ストロンチウムルテニウム、酸化インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム及び酸化モリブデン、並びにこれらの化合物等が挙げられ、また、導電性窒化物としては、窒化ニオブ、窒化ジルコニウム、窒化タングステン、窒化ハフニウム、窒化モリブデン、窒化タンタル、窒化クロム及び窒化バナジウム、並びにこれらの化合物等が挙げられる。

【0182】

また、このような下電極膜60は、上述の実施形態と同様に、ゾルーゲル法、スパッタリング法等により形成することができる。さらに、上述のように、一般に圧電体膜70は、スパッタリング法やゾルーゲル法で成膜されるため、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で600～1000℃程度の温度で焼成して結晶化させる必要がある。そのため、下電極膜60は、材料として白金及びイリジウム等の金属を用いた場合、このような高温、酸化雰囲気下では、引張り応力になってしまう。このような場合には、圧電体膜70をゾルーゲル法又はスパッタリング法等によりPZTの前駆体膜を形成後、アルカリ水溶液中での高圧処理法にて低温で結晶成長させる方法等により、圧縮応力とすることができる。

【0183】

このように、本実施形態では、下電極膜60を圧縮応力を有する材料で形成して、下電極膜60の一部をオーバーエッチングして下電極膜除去部360を設けた。これにより、圧電体能動部320をパターンニング及び圧力発生室12形成後に、各圧電体能動部320の幅方向両側に設けられた下電極膜除去部360で圧縮応力が開放されることにより、弾性膜50が引張方向の応力を受ける。したがって、圧電体膜70及び上電極膜80の圧縮方向の応力が相殺され、圧力発生室12形成による振動板の初期撓み量を低減または無くすることができる。また、同時に圧電体膜70の変形も防止できるため、圧電体膜70の圧力発生室12形成前の圧電特性を維持することができる。すなわち、ヘッドの変位効率を向上することができる。

【0184】

なお、下電極膜60の圧縮応力が開放される大きさは、下電極膜除去部360の深さによって決る。したがって、下電極除去部360の深さは、膜全体の応力バランスから考慮して決定することが好ましく、例えば、本実施形態では、0.1 μm とした。

【0185】

(実施形態8)

図17は、実施形態8に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【0186】

本実施形態では、図17に示すように、下電極膜60を厚さ方向に完全に除去することにより、下電極除去部360Aとした。また、下電極膜除去部360Aに対応する部分の下電極膜60を完全に除去したため、この部分の振動板の厚さが薄くなり、強度が低下する虞がある。そのため、弾性膜50と下電極膜60との間に、例えば、酸化ジルコニウム等からなる第2の弾性膜55を設け、弾性膜50の強度を保持するようにした以外は、実施形態7と同様である。

【0187】

このような構成によっても、実施形態7と同様の効果が得られる。また、本実施形態では、第2の弾性膜55を設けているため、弾性膜50の強度が保持され、耐久性の低下が防止される。

【0188】

なお、本実施形態では、弾性膜50上に第2の弾性膜55を設けるようにしたが、これに限定されず、例えば、弾性膜を設けずに、流路形成基板10上に直接酸化ジルコニウム等からなる第2の弾性膜を設けるようにしてもよい。

【0189】

(実施形態9)

本実施形態は、下電極膜60の代りに上電極膜80を圧縮応力を有する膜とし、圧電体駆動部320の幅方向両側には、上電極膜80及び圧電体膜70のみを除去した以外は、実施形態1と同様である。

【0190】

ここで、本実施形態の圧電体能動部 320 が受ける応力の状態を説明する。なお、図 18 は、圧力発生室 12 をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。

【0191】

図 18 (a) に示すように、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 の各層を成膜した状態では、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 は、それぞれ流路形成基板 10 から引張応力 σ_2 , σ_3 を受け、上電極膜 80 及び弾性膜 50 は、それぞれ圧縮応力 σ_1 , σ_4 を受けている。そして、図 18 (b) に示すように、圧電体能動部 320 をパターニングすると、上電極膜 80 及び圧電体膜 70 の応力 σ_1 , σ_2 の一部が開放される。次に、図 18 (c) に示すように、圧電体能動部 320 の下方に圧力発生室 12 を形成しても、圧電体膜 70 と上電極膜 80 との流路形成基板 10 から受ける応力の向きが逆であるため、圧電体膜 70 の引張応力 σ_2 が開放される力と上電極膜 80 の圧縮応力 σ_1 が開放される力とが釣り合っていると、下電極膜 60 及び弾性膜 50 からなる振動板の撓みはほとんど発生しない。

【0192】

このような圧縮応力を有する上電極膜 80 の材料としては、圧縮応力を有し、また導電性の高い材料で形成するのが好ましく、例えば、白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム及びレニウムの何れかの金属が好適である。

【0193】

また、上電極膜 80 は、上述の実施形態と同様に、スパッタリング法により成膜すればよいが、本実施形態では、上電極膜 80 を所定のガス中、例えば、ガス圧 1 Pa 以下でスパッタリング法によって成膜することにより、上電極膜 80 中にそのガスを取り込んでいる。これにより、上電極膜 80 に、さらに大きな圧縮応力を付与することができる。

【0194】

なお、この上電極膜 80 中に取り込むガスとしては、不活性ガスであることが好ましく、例えば、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン及びラ

ドンが好適である。また、スパッタリングの際のガス圧等の諸条件は、スパッタ装置及び材料等によって、適宜調整すればよい。

【0195】

このように、本実施形態では、少なくとも成膜した状態での上電極膜 80 に圧縮応力を付与するようにしたため、圧電体能動部 320 をパターンニング及び圧力発生室 12 形成後に上電極膜 80 が引張方向の応力を受ける（圧縮応力が開放される）。この引張り応力と、圧電体膜 70 の圧縮方向の応力とが相殺され、圧力発生室 12 形成による振動板の初期撓み量を低減または無くすることができる。また、上述のように、振動板は、初期撓み量が低減されることによって圧電体能動部 320 の駆動によっても塑性変形領域に入ることがなく、実質的に変形量を向上することができる。

【0196】

なお、本実施形態では、上電極膜 80 中に不活性ガスを取り込むことにより、上電極膜 80 にさらに大きな圧縮応力を付与するようにしたが、これに限定されるわけではない。上電極膜 80 は、基本的には圧縮応力となっているので、不活性ガスを取り込まなくてもよいことは言うまでもない。

【0197】

（実施形態 10）

本実施形態は、上電極膜 80 に、不活性ガスの代わりに、上電極膜 80 の金属とは異なる成分の金属、半金属、半導体又は絶縁体等の添加物を添加することによって、上電極膜 80 を圧縮応力とした以外は実施形態 9 と同様である。

【0198】

これらの添加物の添加方法としては、例えば、図 19（a）に示すように、上電極膜 80 を形成後、上電極膜 80 の上方からのイオン打ち込みによって、添加物を上電極膜 80 に添加することができる。

【0199】

また、例えば、図 20（a）に示すように、上電極膜 80 上に、上電極膜 80 に添加される添加物層 85 を形成し、次いで、不活性ガス又は真空中で加熱処理することにより添加物層 85 の成分元素を上電極膜 80 に固相拡散させることに

より、上電極膜 80 に添加物を添加することができる。

【0200】

このように、イオン打ち込み又は固相拡散によって上電極膜 80 に添加物を添加した場合には、図 19 (b) 又は図 20 (b) に示すように、上電極膜 80 の上層部 81 に添加物が多く添加されるため、上電極膜 80 の上層部 81 が特に強い圧縮応力となる。

【0201】

このように、上電極膜 80 に、上電極膜 80 の金属とは異なる金属等の添加物を添加することにより、上電極膜 80 は体積が膨張することによって圧縮応力となる。したがって、実施形態 1 と同様に、振動板の初期撓み量を低減することができ、実質的に圧電体駆動部 320 の駆動による振動板の変形量を向上することができる。また、本実施形態では、上電極膜 80 の上層部が特に強い圧縮応力になっているため、振動板の初期撓み量を低減するのに効果的である。

【0202】

(実施形態 11)

図 21 は、実施形態 11 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面である。

【0203】

本実施形態は、図 21 に示すように、上電極膜 80A を圧電体膜 70 に接する第 1 の電極膜 82 とその上に積層される第 2 の電極膜 83 とで構成した以外、実施形態 9 と同様である。

【0204】

本実施形態の上電極膜 80A を構成する第 1 の電極膜 82 は、実施形態 1 と同様、白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム及びレニウムの何れかの金属で形成され、圧縮応力を有している。また、第 2 の電極膜 83 は、第 1 の電極膜 82 よりも強い圧縮応力を有することが好ましく、例えば、酸化ルテニウム、酸化インジウム錫、酸化カドミウムインジウム、酸化錫、酸化マンガン、酸化レニウム、酸化イリジウム、酸化ストロンチウムルテニウム、酸化インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム又

は酸化モリブデン等の導電性の酸化膜、あるいは、例えば、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化ジルコニウム、窒化タングステン、窒化ハフニウム、窒化モリブデン、窒化タンタル、窒化クロム又は窒化バナジウム等の導電性の窒化膜で形成されている。

【0205】

このような本実施形態の上電極膜 80A の形成方法は、特に限定されないが、本実施形態では、以下の方法で形成した。

【0206】

実施形態 1 の薄膜製造工程と同様に、流路形成基板 10 上に、下電極膜 60 及び圧電体膜 70 を成膜後、まず上電極膜 80A を構成する第 1 の電極膜 82 を成膜し、次いで、第 1 の電極膜 82 上に、第 1 の電極膜 82 とは異なる主成分を有する第 2 の電極膜 83 を形成する。ここで、第 2 の電極膜 83 は、好ましくは導電性酸化膜又は導電性窒化膜からなるが、これらは、直接、酸化膜又は窒化膜を形成してもよいが、成膜した後、酸化又は窒化して形成してもよい。

【0207】

その後、上述の製造工程と同様に、圧電体駆動部 320 及び圧力発生室 12 を形成する。

【0208】

上電極膜 80A をこのような構成としても、実施形態 9 と同様に、振動板の圧電体駆動部の駆動による変形量を向上することができる。また、上電極膜 80A を圧縮応力を有する二層で構成し、上層を導電性の酸化膜又は窒化膜等で構成することにより、下層よりも強い圧縮応力としたので、実施形態 10 と同様に、振動板の初期撓み量を効果的に抑えることができる。

【0209】

なお、本実施形態では、上電極膜 80A を二層で構成しているが、例えば、第 1 の電極膜 82 を設けず、導電性酸化膜又は導電性窒化膜で形成される第 2 の電極膜 83 のみで構成するようにしてもよい。このような構成においても、上述の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0210】

(実施形態 12)

図 22 は、実施形態 12 にかかるインクジェット式記録ヘッドの要部を示す図であり、(a) は平面図、(b) および (c) はそれぞれ、その B-B' 線断面図、C-C' 線断面図である。

【0211】

本実施形態では、図 22 に示すように、弾性膜 50 の圧力発生室 12 に対向する領域側で、圧電体駆動部 320 に対向する領域の幅方向略中央部に、長手方向に亘って圧電体駆動部 320 の幅よりも狭い幅で弾性膜 50 の厚さ方向の一部を除去した弾性膜除去部 350A を設けるようにし、圧電体駆動部 320 の幅方向両側の下電極膜 60 を全て除去した以外、実施形態 7 と同様である。

【0212】

このような構成においても、上述の実施形態と同様に、弾性膜除去部 350A によって弾性膜 50 の圧縮応力の一部が開放され、振動板の初期撓み量を低減することができる。さらに、振動板の初期撓み量の低減と同時に、圧電体膜 70 に引張り方向の力が付与される。これにより、圧電体膜 70 の応力が、成膜時と同等か若しくは引張り方向に強くすることができ、圧電特性を実質的に向上することができる。

【0213】

なお、本実施形態では、圧力発生室 12 側の弾性膜 50 の幅方向略中央部に、弾性膜除去部 350A を設けるようにしたが、これに限定されず、例えば、図 23 に示すように、圧力発生室 12 側の弾性膜 50 の幅方向両側に設けるようにしてもよい。

【0214】

このような構成においても、上述の実施形態と同様に、弾性膜 50 の圧縮応力の一部が弾性膜除去部 350A によって開放され、振動板の初期撓み量を低減することができる。圧電特性を実質的に向上することができる。

【0215】

(実施形態 13)

本実施形態は、下電極膜 60 と圧電体膜 70 との間に、下電極膜 60 とは実質

的に異なる材料からなる導電性膜 65 をさらに設け、この導電性膜 65 を圧縮応力を有する膜とし、圧電体能動部 320 の幅方向両側の導電性膜 65 を除去して導電性膜除去部 370 とした。また、弾性膜 50 を、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板 10 の表面を酸化させた二酸化シリコン膜とした以外、実施形態 1 と同様である。

【0216】

ここで、本実施形態の圧電体能動部 320 が受ける応力の状態を説明する。なお、図 24 は、圧力発生室 12 をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。

【0217】

図 24 (a) に示すように、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 等の各層を成膜した状態では、上電極膜 80、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 は、それぞれ流路形成基板 10 から引張応力 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 を受け、本実施形態では、弾性膜 50 及び導電性膜 65 が、それぞれ圧縮応力 σ_4 、 σ_5 を受けている。そして、図 24 (b) に示すように、圧電体能動部 320 をパターンニングすると、上電極膜 80 及び圧電体膜 70 の引張応力 σ_1 、 σ_2 の一部が開放され、導電性膜除去部 370 で導電性膜 65 の圧縮応力 σ_5 の一部が開放される。次に、図 24 (c) に示すように、圧電体能動部 320 の下方に圧力発生室 12 を形成しても、上電極膜 80 及び圧電体膜 70 と、導電性膜除去部 65 との流路形成基板 10 から受ける応力の向きが逆であるため、上電極膜 80 及び圧電体膜 70 の引張応力 σ_1 、 σ_2 が開放される力と導電性膜 65 の圧縮応力 σ_5 が開放される力とがつり合っていると、下電極膜 60 及び弾性膜 50 からなる振動板の撓みはほとんど発生しない。

【0218】

このような導電性膜 65 としては、圧縮応力を受ける膜であり、また、圧電体膜 14 と反応性に乏しい膜（好ましくは、PZT の鉛が拡散しないような膜）であることが望ましい。これらの事情を考慮すると、導電性膜 13 は金属酸化膜であることが好ましく、具体的には、酸化イリジウム、酸化レニウム、酸化ルテニウムのうち何れか 1 つを主成分とする膜であることが望ましい。

【0219】

また、導電性膜 65 の製造方法は、特に限定されず、上述の実施形態と同様に、下電極膜 60 を形成後、例えば、ゾルーゲル法によって成膜することができる。また、その後、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 を成膜して、圧電体能動部 320 のパターニングと共に、圧電体能動部 320 の幅方向両側の導電性膜 65 をパターニングして導電性膜除去部 370 とすることによって、本実施形態の構成となる。

【0220】

ここで、このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッドと従来のインクジェット式記録ヘッドとの振動板の変位量の測定結果を以下に示す。

【0221】

本実施形態におけるインクジェット式記録ヘッドの各層におけるパラメータは以下のものである。上電極膜 80 の材質は白金で、厚みは 100 nm である。圧電体膜 70 の圧電歪定数は 150 pC/N で厚みは 1000 nm である。上電極膜 80 と圧電体膜 70 の幅は $40\text{ }\mu\text{m}$ である。導電性膜 65 の材質は酸化イリジウムであり、膜厚は $0.7\text{ }\mu\text{m}$ である。下電極膜 60 の材質は白金であり、膜厚は $0.2\text{ }\mu\text{m}$ である。弾性膜 50 の厚さは $1.0\text{ }\mu\text{m}$ である。圧電体膜 70 に印加される電圧は 25 V である。この条件下で弾性膜 50 の最大変位量は 195 nm であった。

【0222】

上記と同じ条件での従来技術（導電性膜 65 を設けない場合）ではコンプライアンスを同じにしたとき、最大変位量は 150 nm であった。このように、本実施形態の構成では従来技術と比べて 30% も大きな変位を得られることがわかる。すなわち、振動板の初期撓み量が確実に低減されている。

【0223】

以上説明したように、本実施形態によれば、上述の実施形態と同様に、振動板の初期撓み量を低減でき、さらに、インクジェット式記録ヘッドの振動板を駆動したときの耐久性が向上する。また、本実施形態では、下電極膜 60 と圧電体膜 70 の間に導電性膜 65 を介在した構造であるため、インクジェット式記録ヘッドの製造工程において、下電極膜 60 が露出するまで導電性膜 65 をエッチング

する場合には、導電性膜 65 と下電極膜 60 のエッチング選択比の大きいエッチングガスを適当に選択すれば、制御性よくエッチング停止をすることができる。例えば、プラズマモニターを用いてエッチングする場合には、エッチング終点制御が容易になる。従って、インクジェット式記録ヘッドの製造の歩留まりが向上し、大量生産に好適なインクジェット式記録ヘッドを提供することができるため、コストを下げることができる。

【0224】

なお、本実施形態では、導電性膜 65 を一層で構成するようにしたが、これに限定されず、例えば、二層で構成するようにしてもよい。この場合には、二層とも圧縮応力を有することが好ましいが、これに限定されず、少なくとも上層が圧縮応力を有していればよい。

【0225】

(実施形態 14)

上述の各実施形態では、圧力発生室 12 形成後の振動板の状態を特に示していないが、各層の応力の状態を最適化することにより、振動板を上に出に凸に変形した状態とすることができ、圧電特性等をさらに向上することができる。

【0226】

また、何れかの層を圧縮膜として、その除去部を設けた各実施形態において、弾性膜 50 の腕部の厚さ方向の一部を除去するようにしてもよい。このような構成により、弾性膜 50 は変形し易く、結果的に上に出になり易い。なお、このとき弾性膜 50 は、圧縮応力であっても引張り応力であってもよい。

【0227】

一例として、上電極膜 80 及び弾性膜 50 が圧縮応力であり、弾性膜 50 の腕部に弾性膜除去部 350 を設けた例の圧電体能動部 320 の応力状態を図 25 に示す。

【0228】

図 25 (a) に示すように、圧電体膜 70 及び上電極膜 80 の各層を成膜した状態では、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 は、それぞれ流路形成基板 10 から引張り応力 σ_2 、 σ_3 を受け、上電極膜 80 及び弾性膜 50 は、それぞれ圧縮応力 σ_1

、 σ_4 を受けている。この上電極膜 80 の圧縮応力 σ_1 の大きさは、本実施形態では、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 の引張応力 σ_2 、 σ_3 の大きさより大きい。また、膜全体の応力としても圧縮方向に大きくなっている。そして、図 25 (b) に示すように、圧電体能動部 320 をパターニングすると、上電極膜 80 及び圧電体膜 70 及び下電極膜 60 の応力 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 の一部が開放される。また、同時に、本実施形態では、圧電体能動部 320 の幅方向両側の弾性膜 50 の一部を除去して弾性膜除去部 350 としているため、弾性膜 50 の応力 σ_4 の一部も開放される。次に、図 25 (c) に示すように、圧電体能動部 320 の下方に圧力発生室 12 を形成しても、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 と上電極膜 80 及び弾性膜 50 との流路形成基板 10 から受ける応力の向きが逆であり、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 の引張応力 σ_2 、 σ_3 が開放される力よりも上電極膜 80 の圧縮応力 σ_1 及び弾性膜 50 の圧縮応力 σ_4 の一部が開放される力の方が大きいため、弾性膜 50 からなる振動板が上に凸に変形する。

【0229】

このように、本実施形態では、上電極膜 80 に、所定以上の大きさの圧縮応力を付与するようにした。そのため、圧電体能動部 320 をパターニング及び圧力発生室 12 形成すると、上電極膜 80 が引張方向の応力を受けて（圧縮応力が開放されて）、圧電体膜 70 及び下電極膜 60 の圧縮方向の応力と相殺され、さらに、振動板を上に凸に変形させることができる。また、特に、本実施形態では、圧電体能動部 320 の幅方向両側の弾性膜 50 に、厚さ方向の一部を除去した弾性膜除去部 350 を形成したため、振動板のコンプライアンスが向上し、振動板がより上に凸に変形しやすくなっている。したがって、圧電体能動部 320 の駆動による振動板の変形量を著しく向上することができる。

【0230】

なお、本実施形態では、弾性膜 50 及び上電極膜 80 が、圧縮応力を有する圧縮膜でとなっているが、これに限定されず、少なくとも下電極膜 60、上電極膜 80、又は下電極膜 60 上に形成される導電膜 65 の何れかが圧縮膜であればよく、勿論、二者又は全てが圧縮膜であってもよい。

【0231】

(他の実施形態)

以上、本発明の各実施形態を説明したが、インクジェット式記録ヘッドの基本的構成は上述したものに限定されるものではない。

【0232】

例えば、上述した封止板20の他、共通インク室形成板30をガラスセラミックス製としてもよく、さらには、薄肉膜41を別部材としてガラスセラミックス製としてもよく、材料、構造等の変更は自由である。

【0233】

また、上述した実施形態では、ノズル開口を流路形成基板10の端面に形成しているが、面に垂直な方向に突出するノズル開口を形成してもよい。

【0234】

このように構成した実施形態の分解斜視図を図26、その流路の断面を図27にそれぞれ示す。この実施形態では、ノズル開口11が圧電素子とは反対のノズル基板120に穿設され、これらノズル開口11と圧力発生室12とを連通するノズル連通口22が、封止板20、共通インク室形成板30及び薄肉板41A及びインク室側板40Aを貫通するように配されている。

【0235】

なお、本実施形態は、その他、薄肉板41Aとインク室側板40Aとを別部材とし、インク室側板40Aに開口40bを形成した以外は、基本的に上述した実施形態と同様であり、同一部材には同一符号を付して重複する説明は省略する。

【0236】

また、勿論、共通インク室を流路形成基板内に形成したタイプのインクジェット式記録ヘッドにも同様に応用できる。

【0237】

また、以上説明した各実施形態は、成膜及びリソグラフィプロセスを応用することにより製造できる薄膜型のインクジェット式記録ヘッドを例にしたが、勿論これに限定されるものではなく、例えば、基板を積層して圧力発生室を形成するもの、あるいはグリーンシートを貼付もしくはスクリーン印刷等により圧電体膜を形成するもの等、各種の構造のインクジェット式記録ヘッドに本発明を採用す

ることができる。

【0238】

また、圧電素子とリード電極との間に絶縁体層を設けた例を説明したが、これに限定されず、例えば、絶縁体層を設けずに、各上電極に異方性導電膜を熱溶着し、この異方性導電膜をリード電極と接続したり、その他、ワイヤボンディング等の各種ボンディング技術を用いて接続したりする構成としてもよい。

【0239】

このように、本発明は、その趣旨に反しない限り、種々の構造のインクジェット式記録ヘッドに応用することができる。

【0240】

また、これら各実施形態のインクジェット式記録ヘッドは、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。図28は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。

【0241】

図28に示すように、インクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット1A及び1Bは、インク供給手段を構成するカートリッジ2A及び2Bが着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット1A及び1Bは、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

【0242】

そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本体4にはキャリッジ軸5に沿ってプラテン8が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートSがプラテン8に巻き掛けられて搬送されるようになっている。

【0243】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、流路形成基板の弾性膜側に、圧縮応力を有する膜を形成し、その膜の振動板の腕部に対応する部分の少なくとも一部を除去するようにしたので、圧縮応力の一部が開放され、圧力発生室をパターンニングしても、振動板の撓みを低減することができる。また、振動板の撓みがほとんど発生しない場合には、圧電体膜の圧力発生室形成前の圧電特性を維持、実質的に向上することができ、ヘッドの変位効率を向上することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図 2】

本発明の実施形態 1 に係るインクジェット式記録ヘッドを示す図であり、図 1 の平面図及び断面図である。

【図 3】

図 1 の封止板の変形例を示す斜視図である。

【図 4】

本発明の実施形態 1 の薄膜製造工程を示す断面図である。

【図 5】

本発明の実施形態 1 の薄膜製造工程を示す断面図である。

【図 6】

実施形態 1 の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す断面図である。

【図 7】

従来の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す断面図である。

【図 8】

圧電アクチュエータの駆動時に、振動板に加わる力と弾性変形量との関係を示すグラフである。

【図 9】

本発明の実施形態 2 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 10】

本発明の実施形態 3 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 11】

本発明の実施形態 4 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 12】

本発明の実施形態 4 に係るインクジェット式記録ヘッドの変形例を示す要部断面図である。

【図 13】

本発明の実施形態 4 に係るインクジェット式記録ヘッドの変形例を示す要部平面図及び断面図である。

【図 14】

本発明の実施形態 5 に係るインクジェット式記録ヘッドの断面図である。

【図 15】

本発明の実施形態 6 に係るインクジェット式記録ヘッドの断面図である。

【図 16】

実施形態 7 の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す断面図である。

【図 17】

本発明の実施形態 8 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 18】

実施形態 9 の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す断面図である。

【図 19】

本発明の実施形態 10 に係る上電極膜の製造方法を示す断面図である。

【図 20】

本発明の実施形態 10 に係る上電極膜の製造方法の他の例を示す断面図である。

【図 2 1】

本発明の実施形態 1 1 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 2 2】

本発明の実施形態 1 2 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部平面図及び断面図である。

【図 2 3】

本発明の実施形態 1 2 に係るインクジェット式記録ヘッドの変形例を示す断面図である。

【図 2 4】

実施形態 1 3 の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す断面図である。

【図 2 5】

実施形態 1 4 の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す断面図である。

【図 2 6】

本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドを示す斜視図である。

【図 2 7】

本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドを示す断面図である。

【図 2 8】

本発明の一実施形態に係るインクジェット式記録装置の概略図である。

【符号の説明】

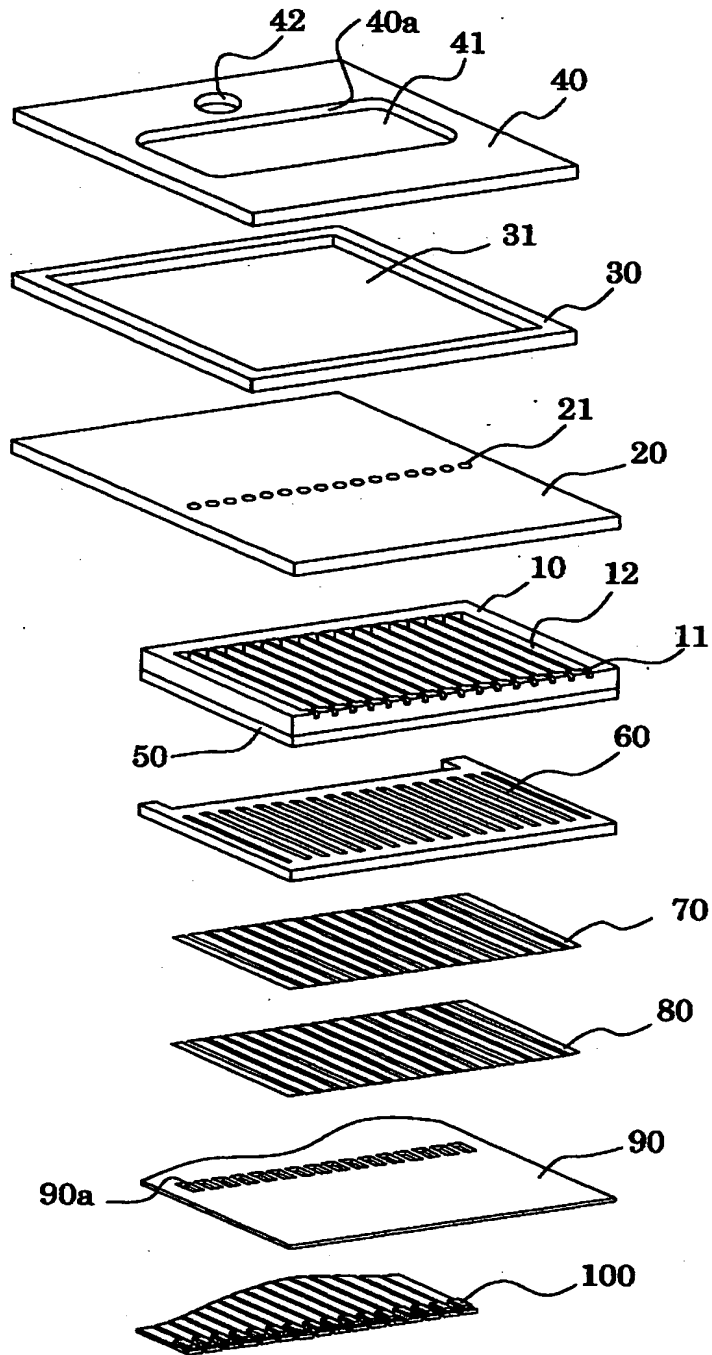
- 10 流路形成基板
- 12 圧力発生室
- 50 弾性膜
- 60 下電極膜
- 65 導電性膜

- 70 圧電体膜
- 80 上電極膜
- 90 絶縁体層
- 100 リード電極
- 300 圧電素子
- 320 圧電体能動部
- 350 弾性膜除去部
- 360 下電極膜除去部
- 370 導電性膜除去部

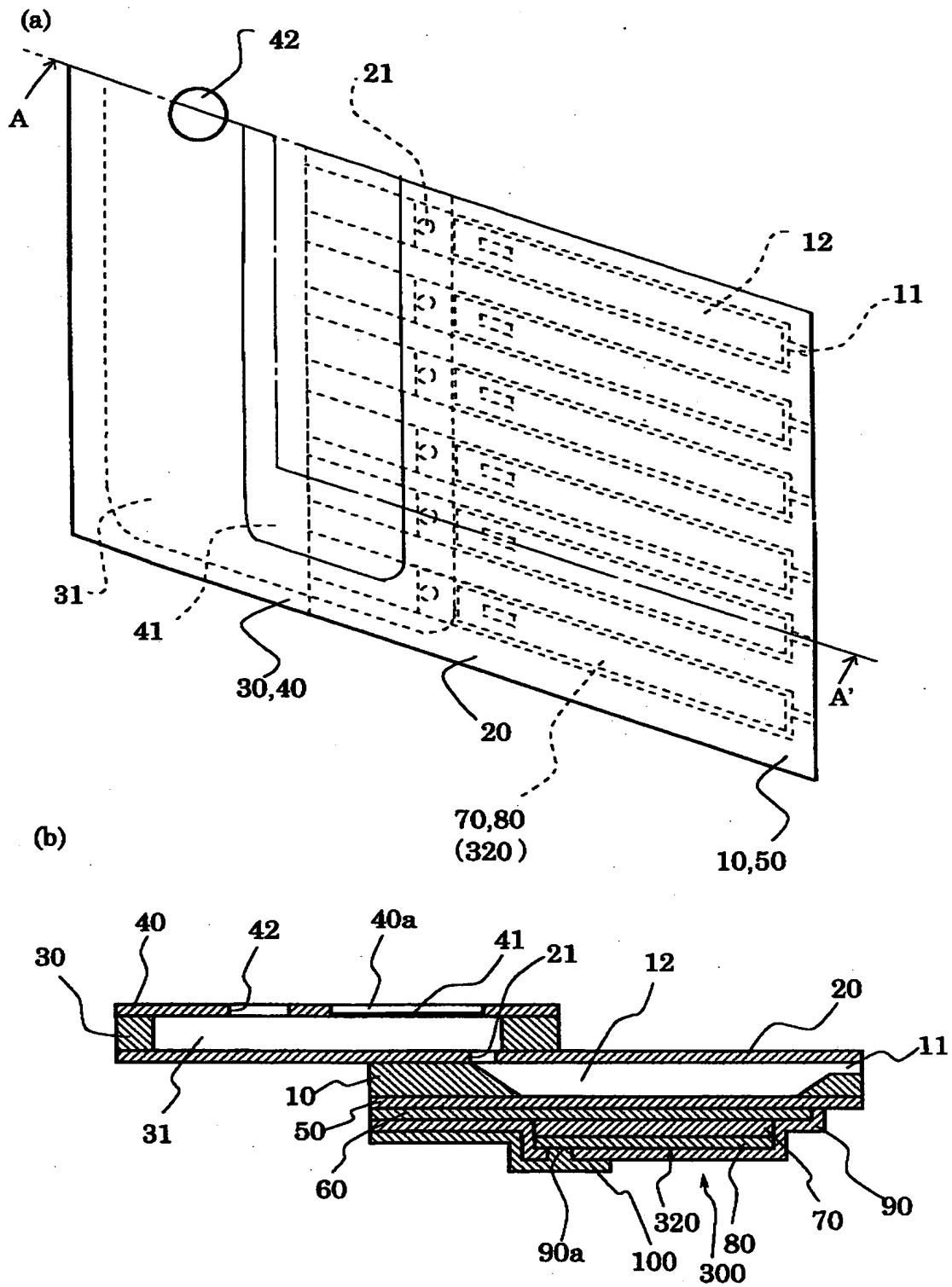
【書類名】

図面

【図 1】

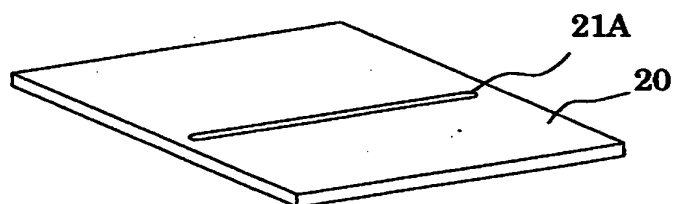


【図 2】

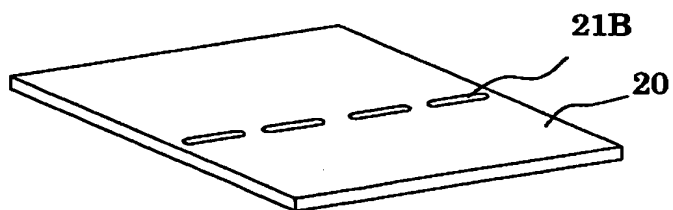


【図 3】

(a)

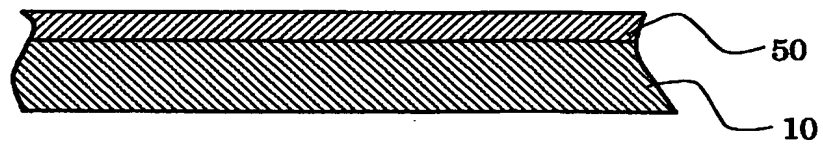


(b)

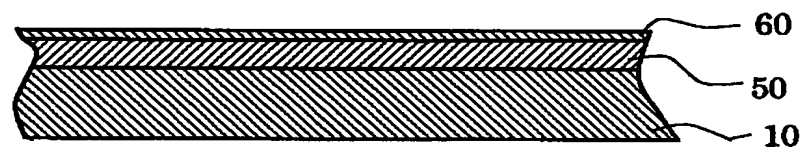


【図 4】

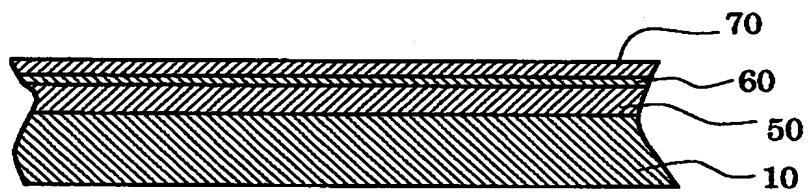
(a)



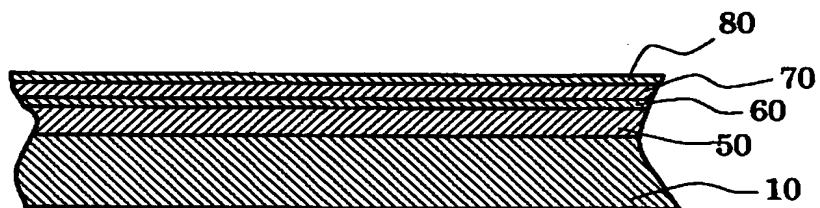
(b)



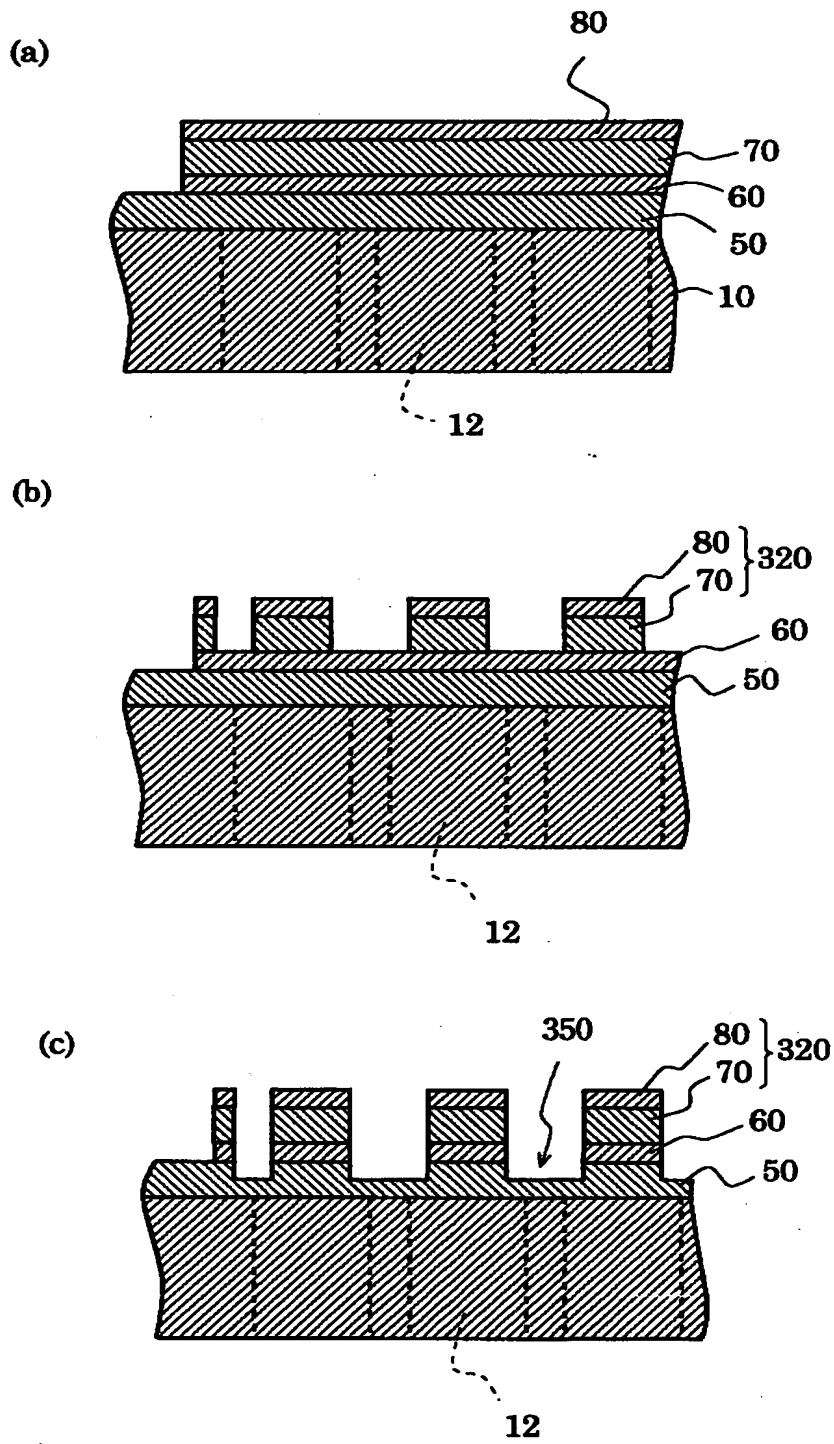
(c)



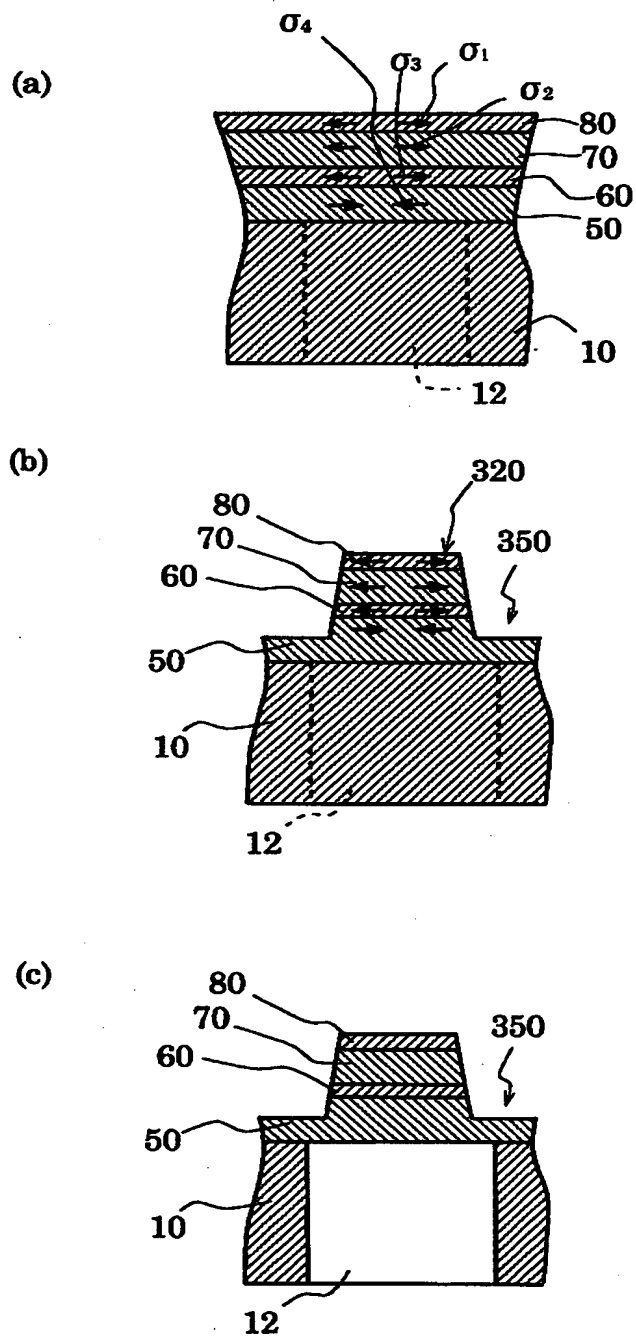
(d)



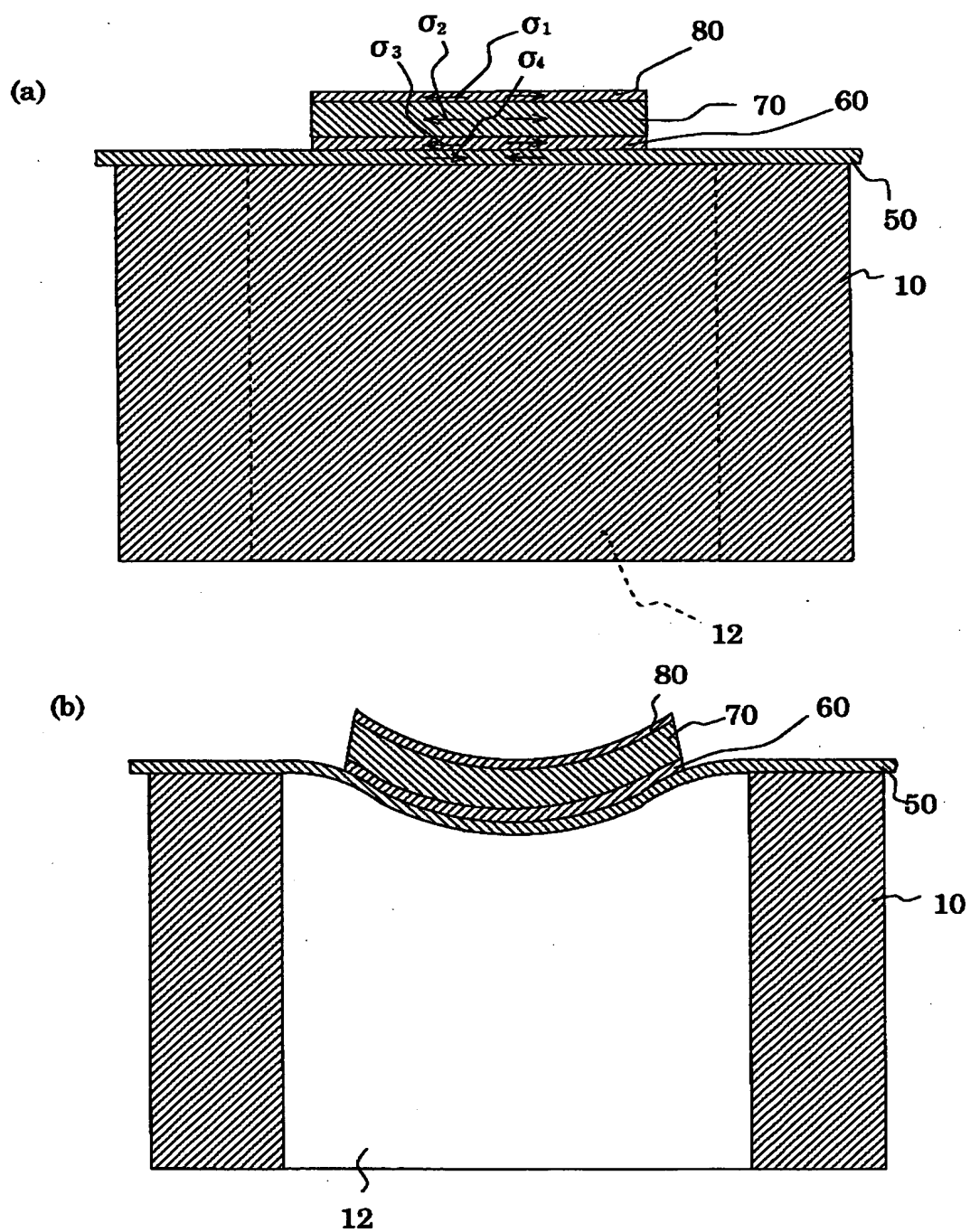
【図 5】



【図 6】

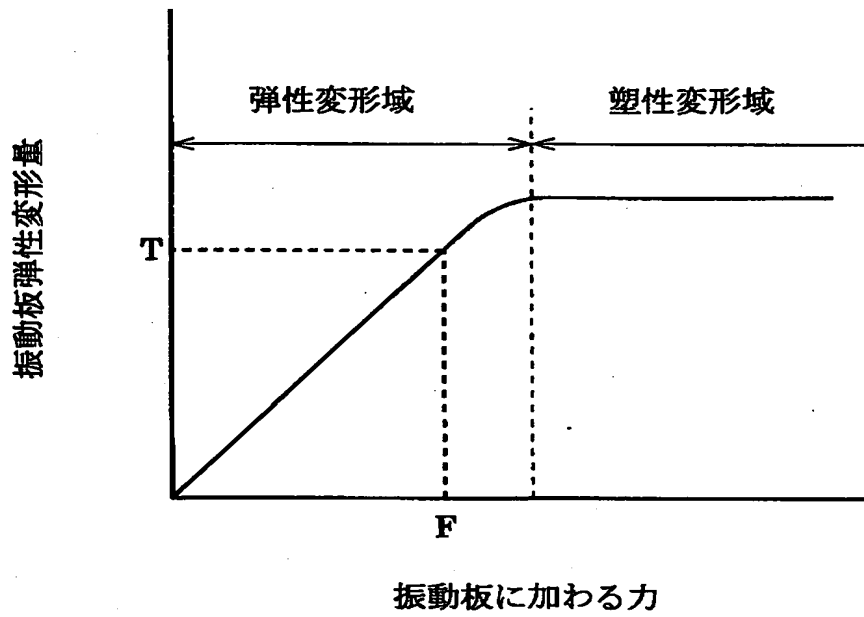


【图 7】

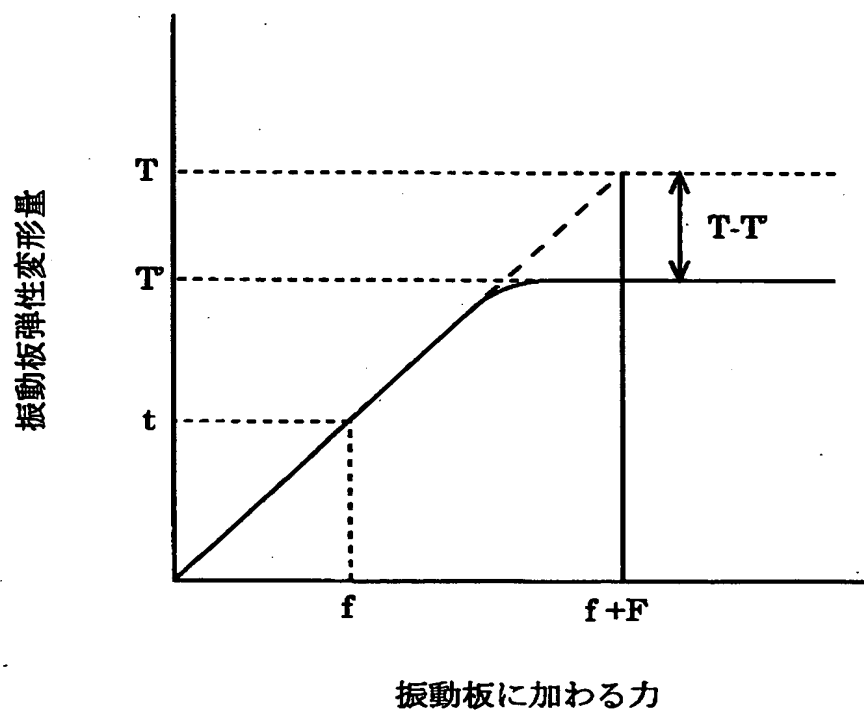


【図 8】

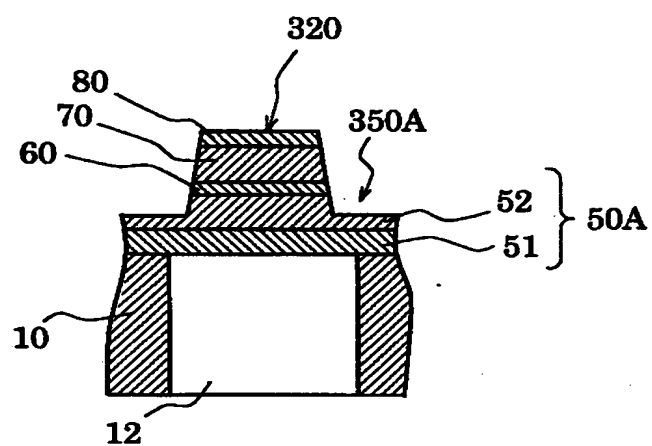
(a)



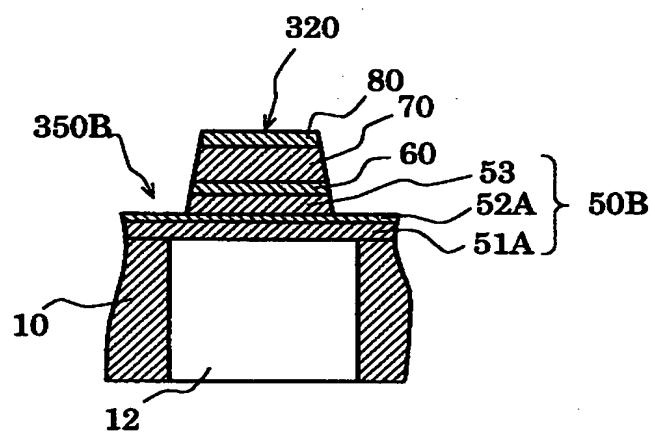
(b)



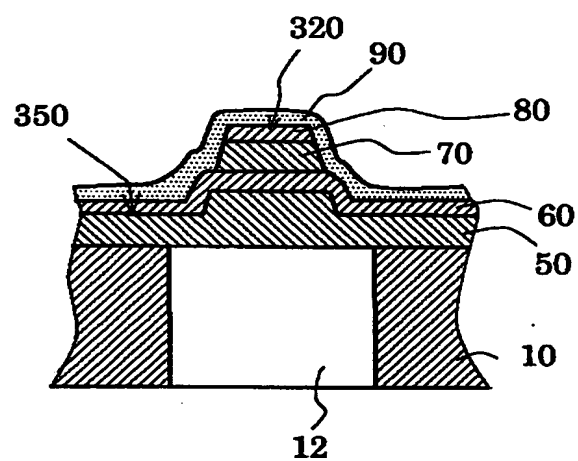
【図 9】



【図 10】

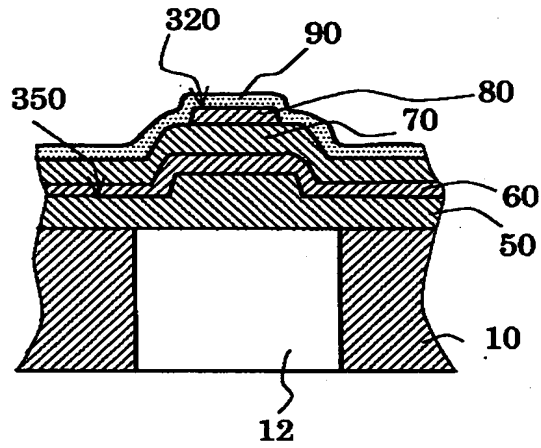


【図 11】

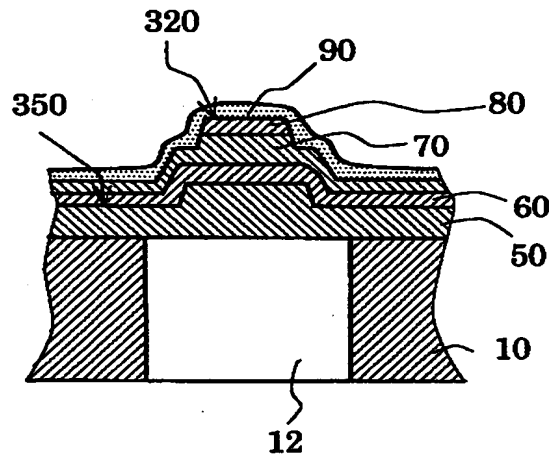


【図 12】

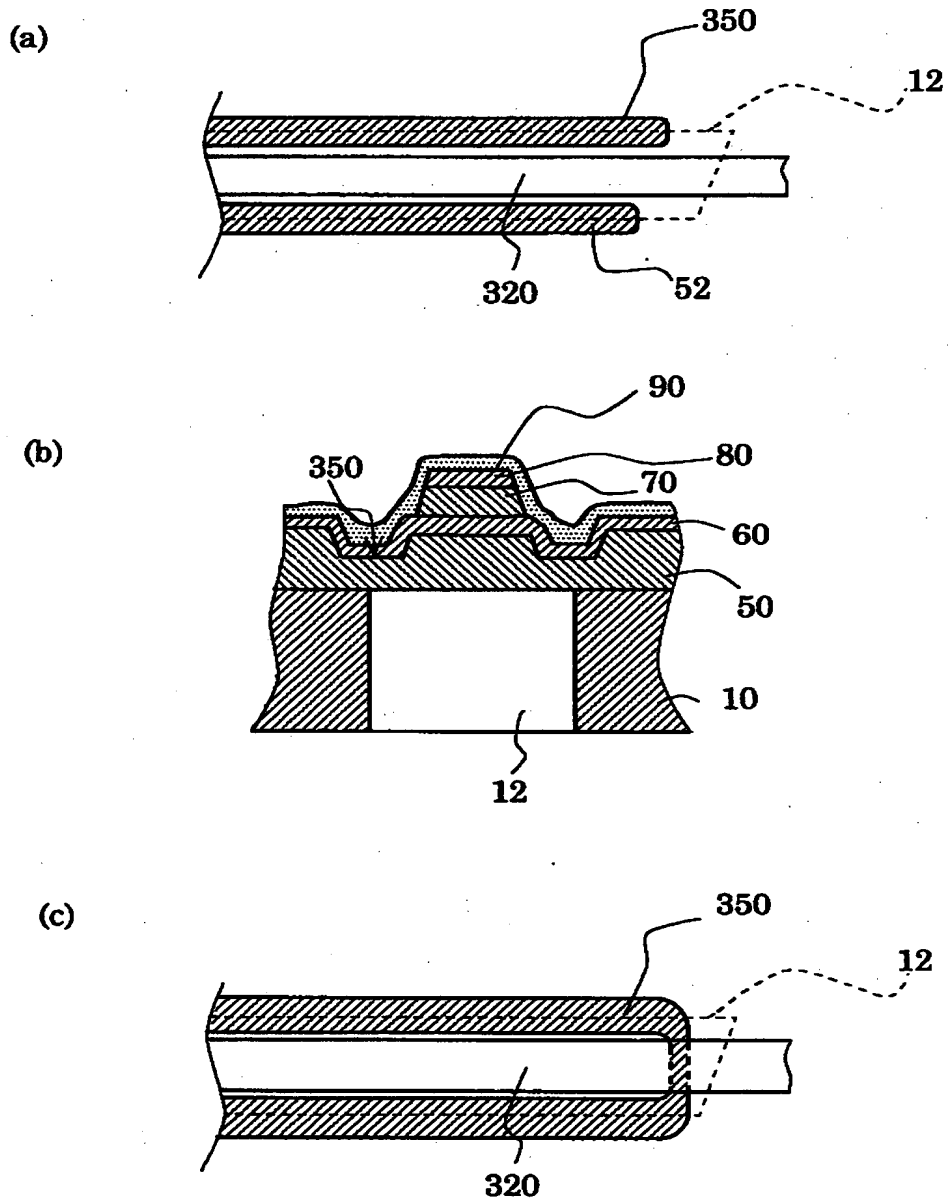
(a)



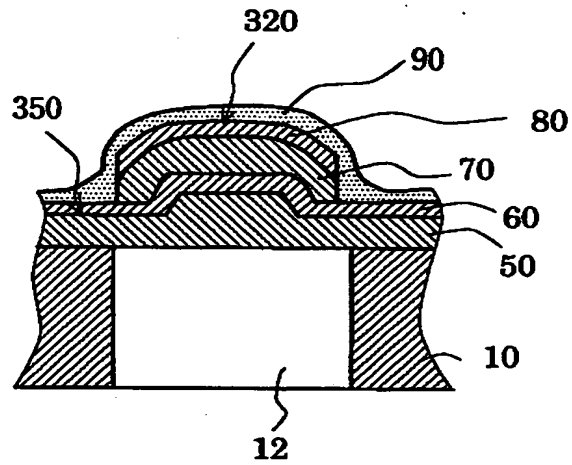
(b)



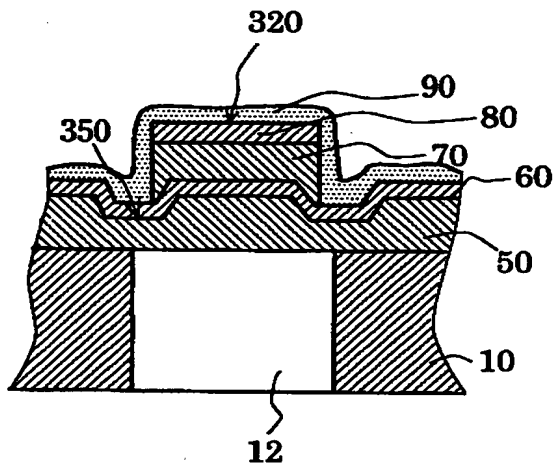
【図 13】



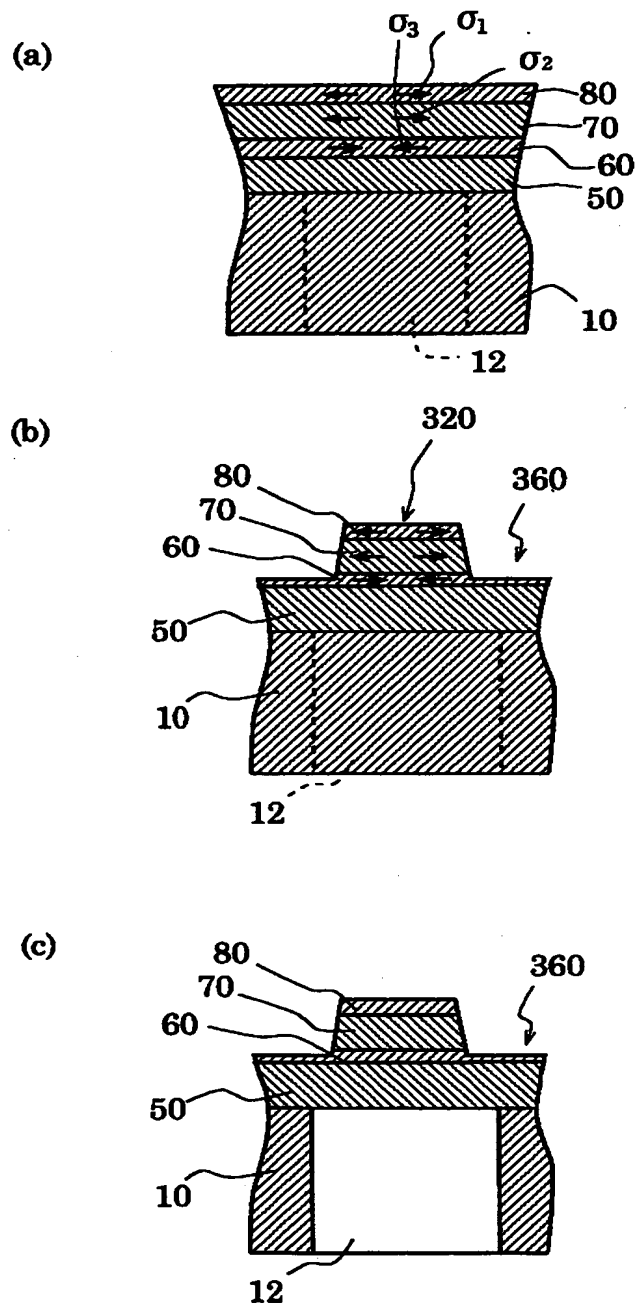
【図 14】



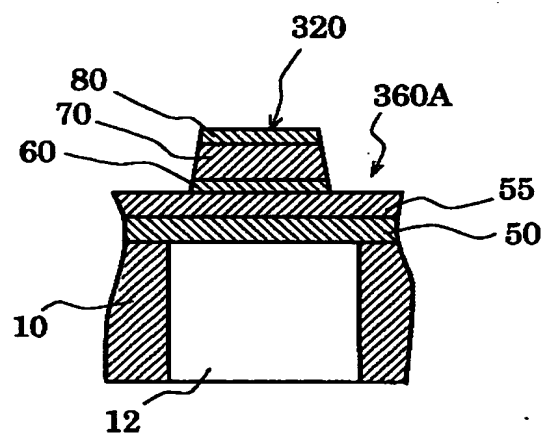
【図 15】



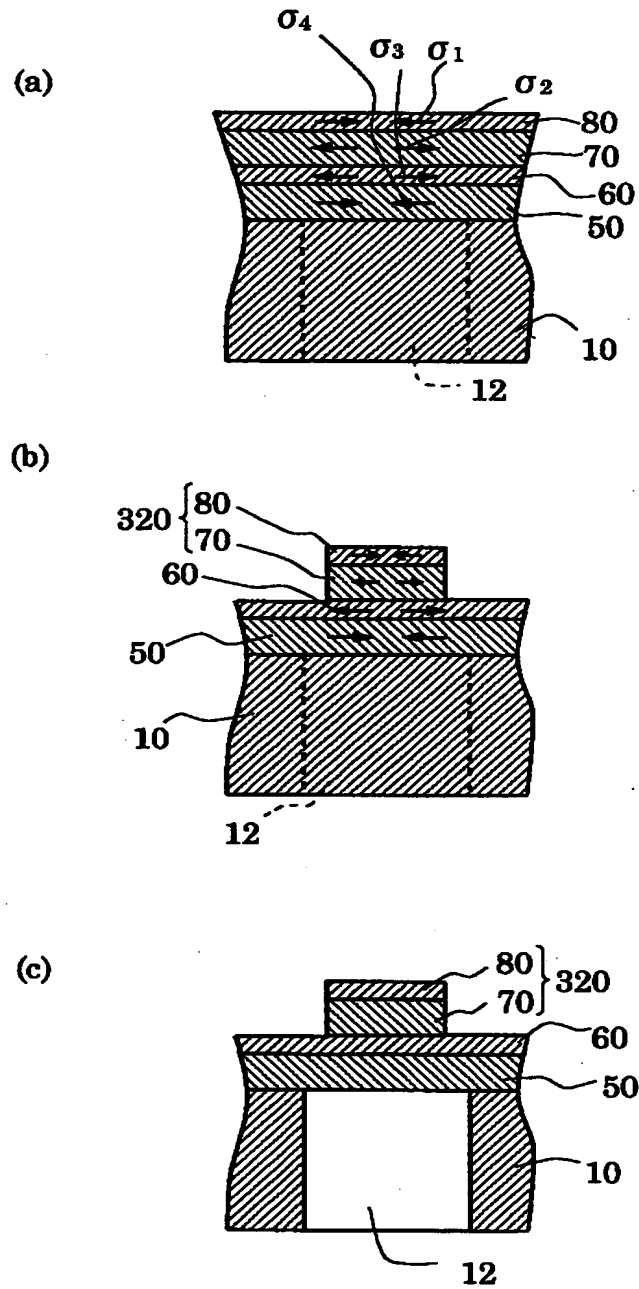
【図 16】



【図 17】

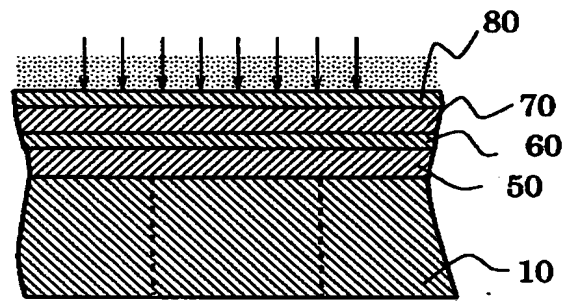


【図 18】

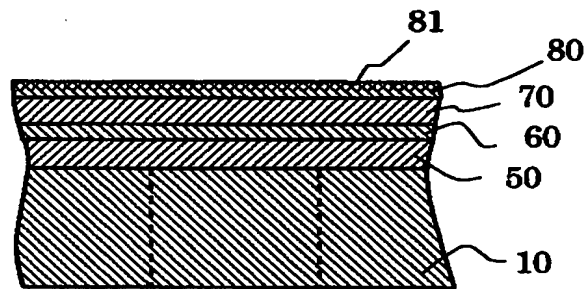


【図 19】

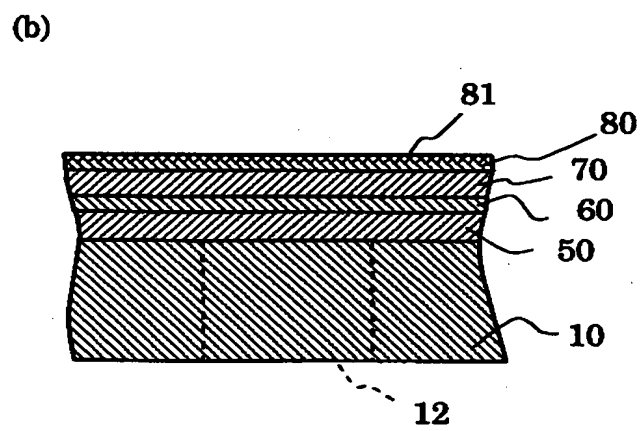
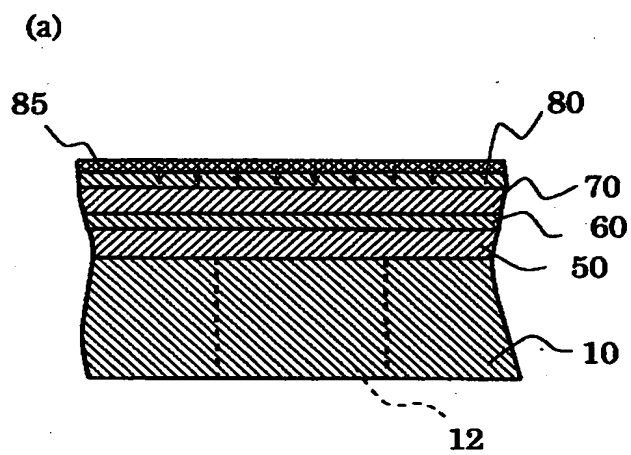
(a)



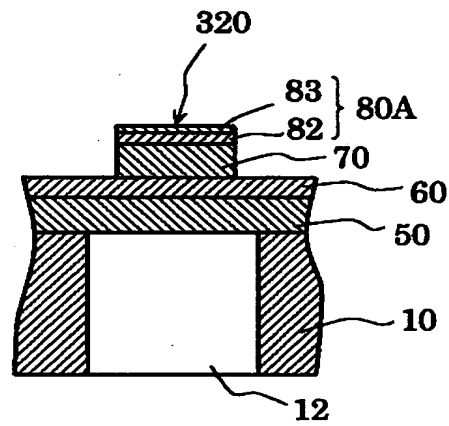
(b)



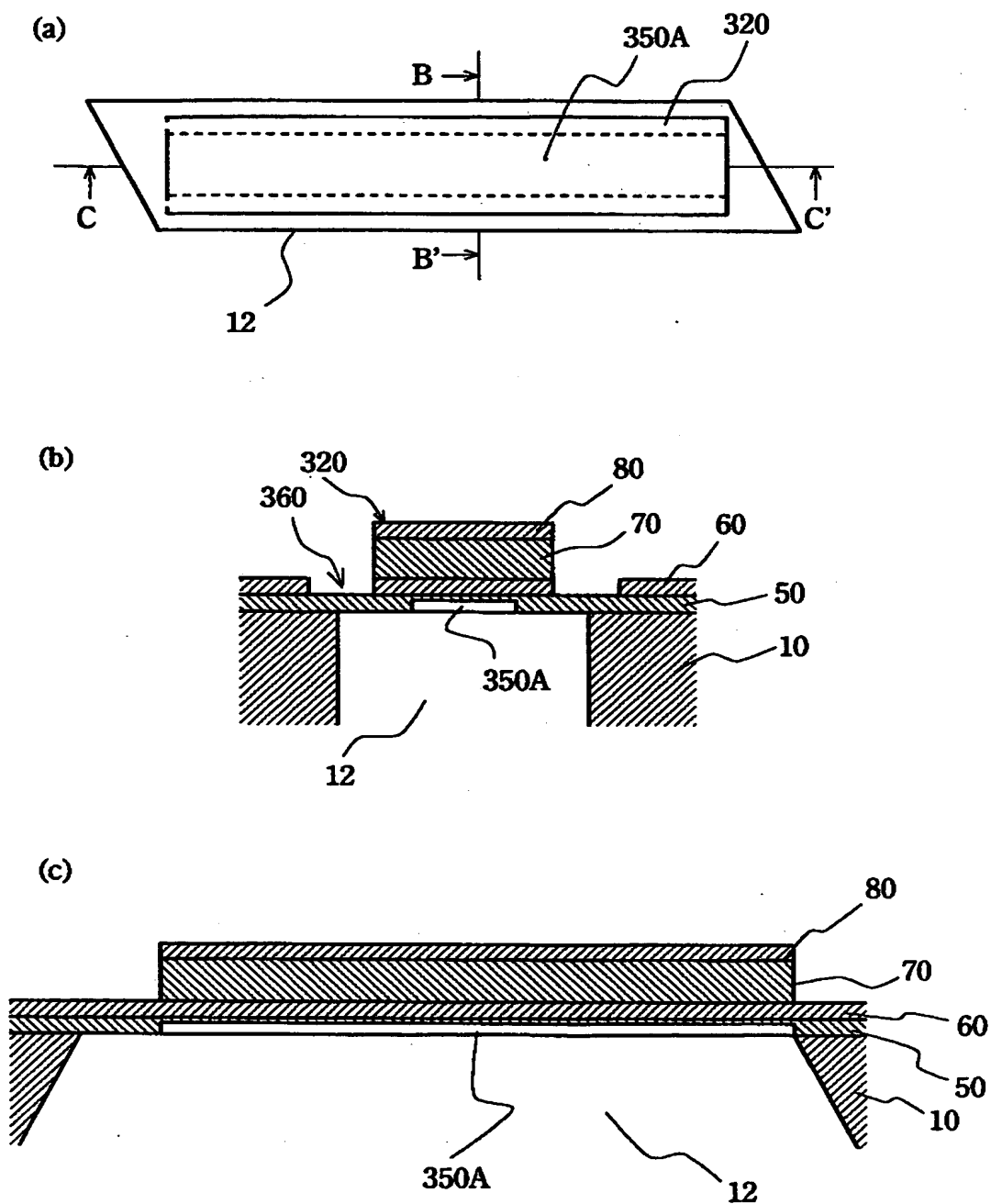
【図 20】



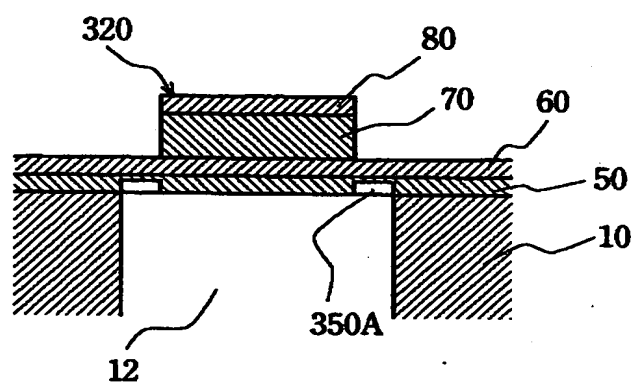
【図 21】



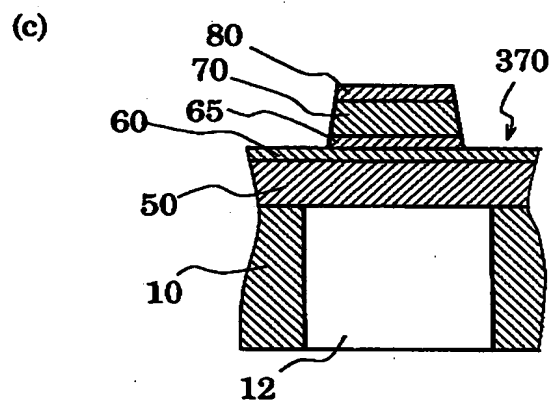
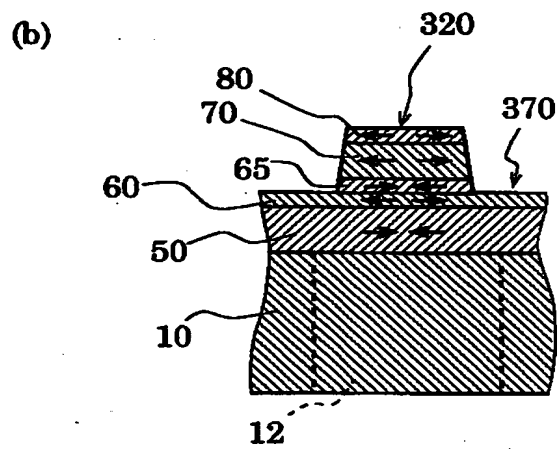
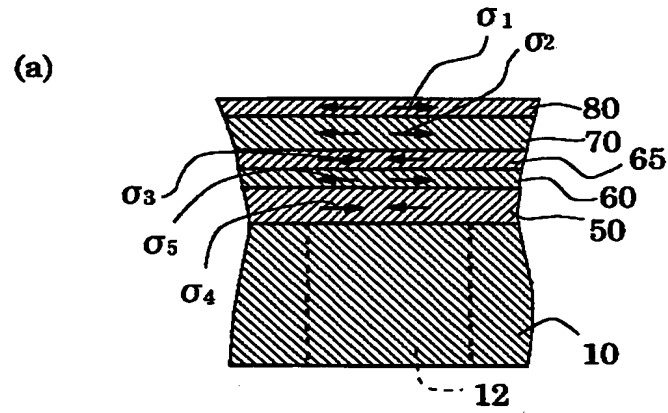
【図 22】



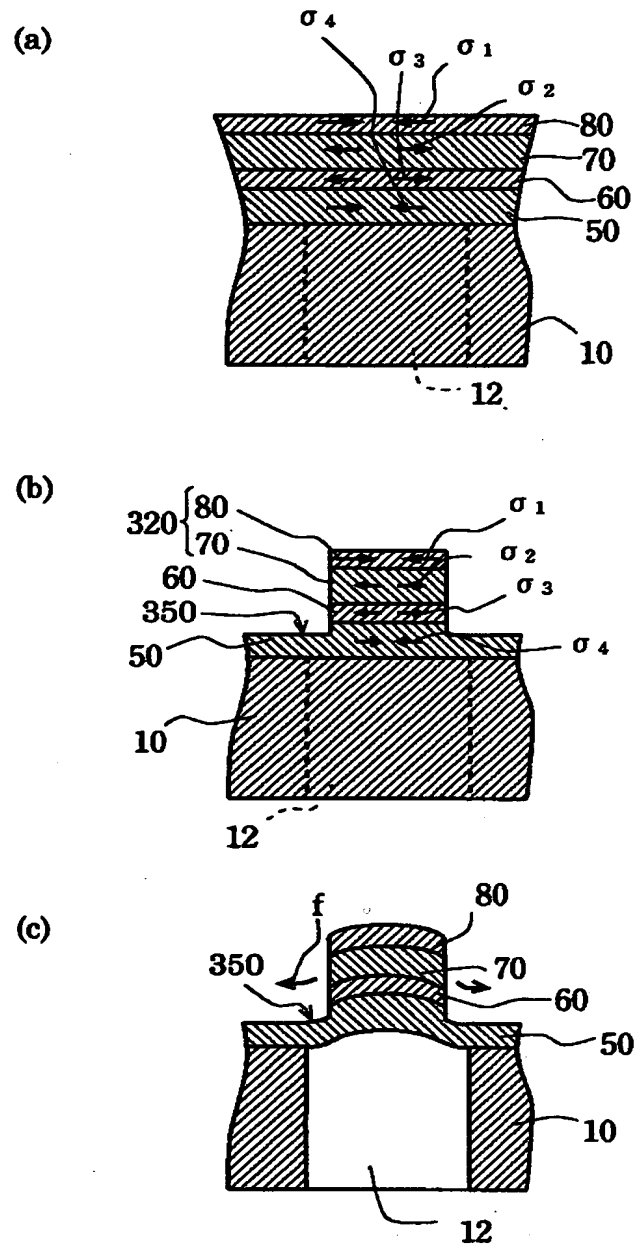
【図 23】



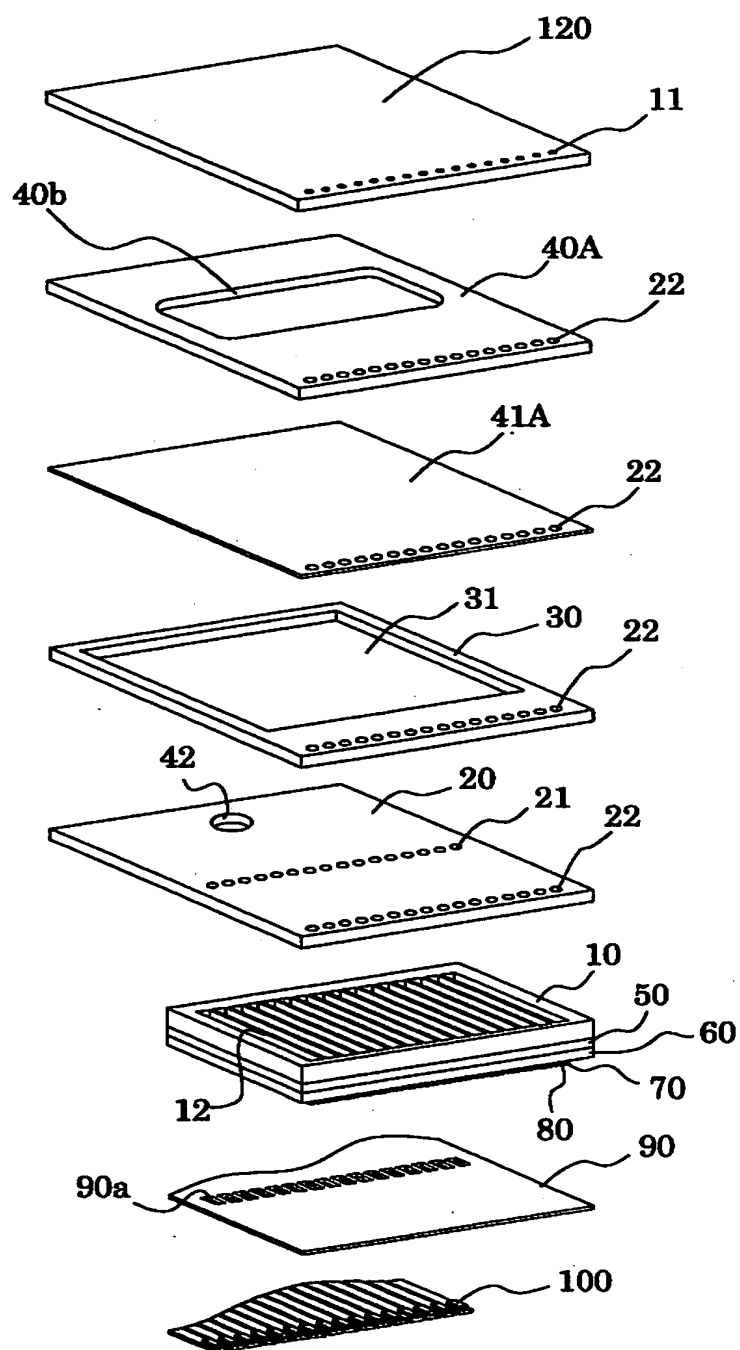
【図 24】



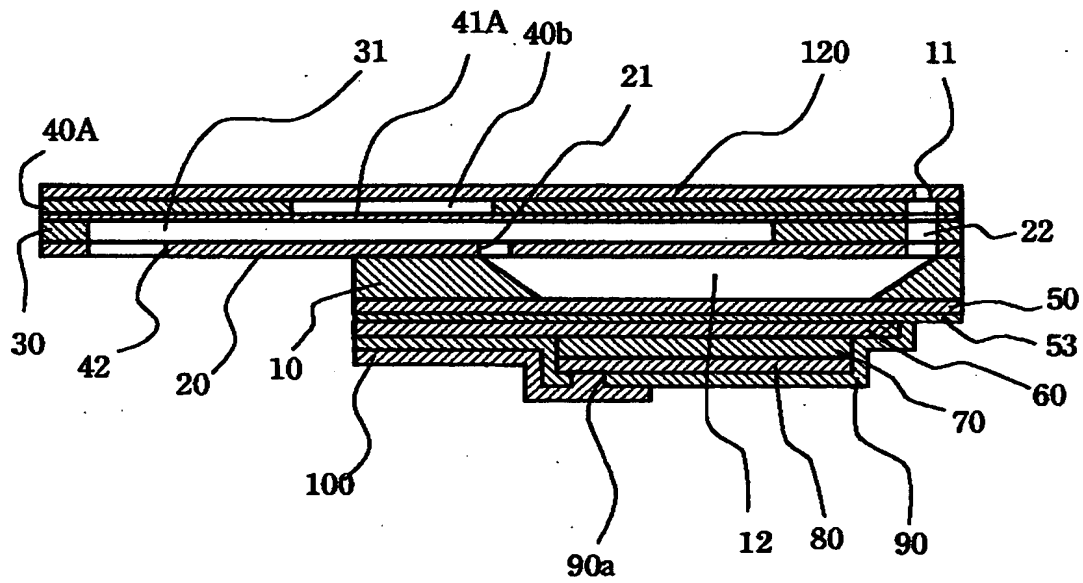
【図 25】



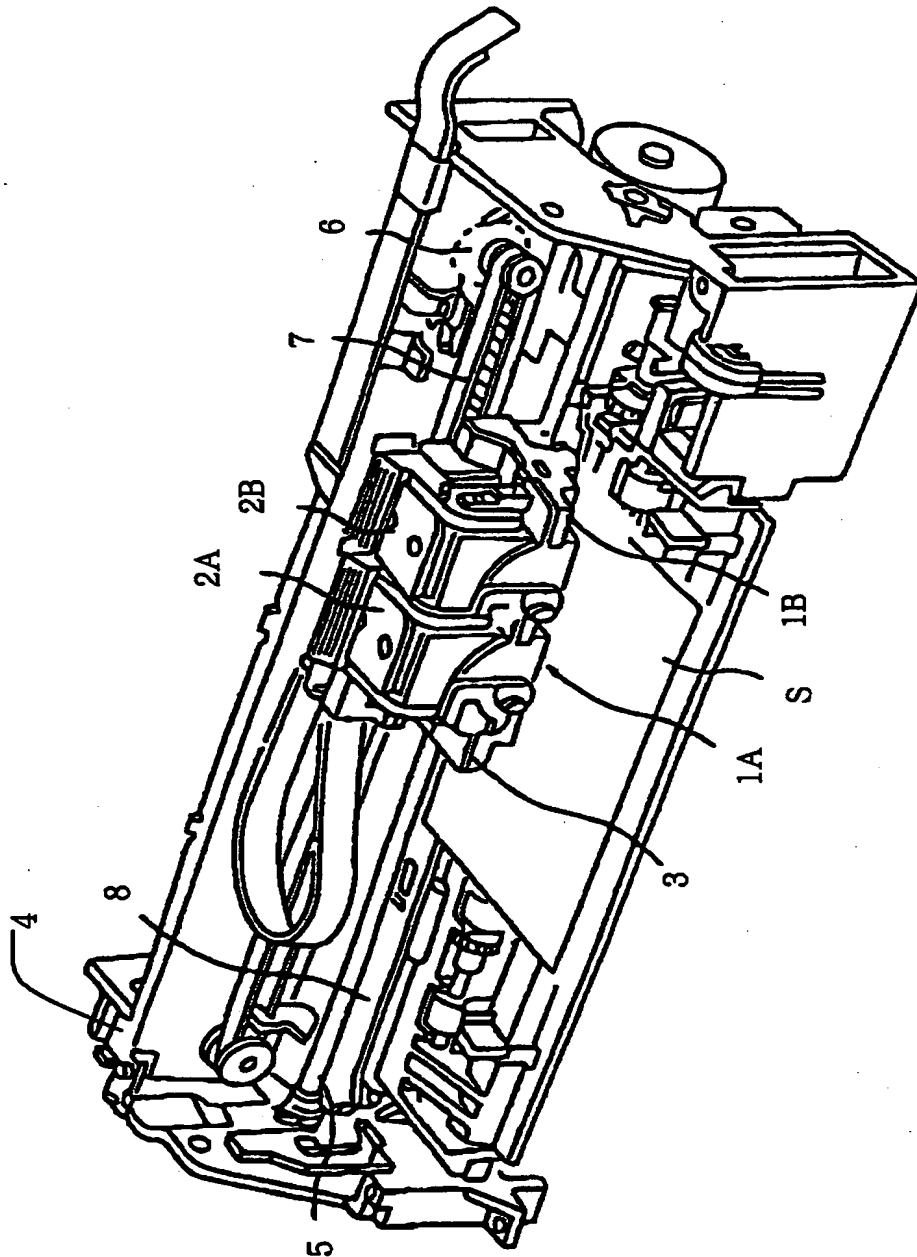
【図 26】



【図 27】



【図 28】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 振動板の初期撓み量を低減したインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置を提供する。

【解決手段】 ノズル開口に連通する圧力発生室 12 が画成される流路形成基板 10 と、該流路形成基板 10 の一方面に振動板を介して設けられ且つ少なくとも下電極 60、圧電体層 70 及び上電極 80 を有する圧電素子とを具備するインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧電素子に積層する層と共に積層されて圧縮応力を有する圧縮膜 50 を具備し、当該圧縮膜 50 は、前記圧力発生室に対向する領域の少なくとも一部で前記圧縮膜 50 の厚さ方向の少なくとも一部を除去することにより、膜全体の応力を低減する。

【選択図】 図 6

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000002369

【住所又は居所】

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

【氏名又は名称】

セイコーエプソン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100101236

【住所又は居所】

東京都渋谷区恵比寿1丁目5番2号 こうげつビル

5階 栗原国際特許事務所

【氏名又は名称】

栗原 浩之

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

氏 名 セイコーエプソン株式会社



Creation date: 01-24-2004
Indexing Officer: MAUNG - MOE AUNG
Team: OIPEBackFileIndexing
Dossier: 09199816

Legal Date: 09-01-1999

No.	Doccode	Number of pages
1	LET.	2
2	OATH	6
3	PET.	2

Total number of pages: 10

Remarks:

Order of re-scan issued on